PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 19. 1. Oktober 1905. 6. Jahrgang.

Redaktionsschluß für No. 20 am 4. Oktober 1905.

INHALT:

Originalmitteilungen:

A. Wehnelt, Demonstration der parabolischen Bahn von Kathodenstrahlen im elektrostatischen Felde. S. 609.

Cl. A. Skinner, Das Faradaysche Gesetz bei der Glimmentladung in Gasen. S. 610.

V. Schaffers, Der elektrische Wind. S. 614.

A. Gockel, Luftelektrische Beobachtungen während der Sonnenfinsternis vom 30. August 1905. S. 617.

G. Bode, Über Messungen des Kathodengefälles und des Potentialgradienten in Sauerstoff und den Halogenen Chlor, Brom und Jod. S. 618.

J. J. Taudin Chabot, Neue Strahlen oder eine neue Emanation. 4. Mitteilung. S. 619.

Grimme, Ein Gutachten von Gauß aus dem Jahre 1849 über die Blitzgefahr. S. 620.

K. Honda und T. Terada, Über die Veränderung der Elastizitätskonstanten durch Magnetisierung. S. 622.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institut der Universität Pisa.

L. Magri, Der Brechungsindex der Luft in seiner Beziehung zu ihrer Dichte. S. 629.

J. Petri, Neue Berechnung einer aplanatischen Brenn- und Beleuchtungslinse. S. 632.

C. Forch, Bemerkung zu einer Arbeit des Herrn K. Schaposchnikow: „Eine empirische Beziehung zwischen den Dichten zweier Flüssigkeiten." S. 633.

Zusammenfassende Bearbeitungen:

E. Przybyllok, Die Juliussche Sonnentheorie in ihrer neueren Entwickelung. S. 634.

Besprechungen:

H. W. Bakhuis Roozeboom, Die heterogenen Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre. S. 638.

H. Kleinpeter, Die Erkenntnistheorie der Naturforschung der Gegenwart. S. 638.

K. Th. Fischer, Der naturwissenschaftliche Unterricht insbesondere in Physik und Chemie bei uns und im Auslande. S. 639.

H. Hahn, Wie sind die physikalischen Schülerübungen praktisch zu gestalten. S. 639.

K. Walther und M. Köttinger, Technische Wärmelehre. S. 639.

A. Gramberg, Technische Messungen, insbesondere bei Maschinenuntersuchungen. S. 639.

H. Wilda, Die Dampfturbine als Schiffsmaschine. S. 639.

Hagenbach und Konen, Atlas der Emissionsspektren der meisten Elemente. S. 639.

E. Gerard, Vorlesungen über Elektrizität. S. 640.

Personalien. S. 640.

Gesuche. S. 640.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Demonstration der parabolischen Bahn von Kathodenstrahlen im elektrostatischen Felde.

Von A. Wehnelt.

Sendet man einen Kathodenstrahl durch ein homogenes elektrostatisches Feld, so fordert die Theorie, daß die Bahn der Strahlen eine Parabel sei.

Gewöhnlich zeigt man diese Erscheinung in Röhren, in denen ein Kathodenstrahl in der Mitte zwischen zwei parallelen Kondensatorplatten, parallel zu diesen, verläuft. Stellt man zwischen den Kondensatorplatten ein elektrostatisches Feld her, so werden die Kathodenstrahlen abgelenkt, wobei ihre Bahn einen Ast einer Parabel bildet. Da die Ablenkungen meist nur gering sind, so ist die Bahnkurve so flach, daß sie nicht ohne weiteres als Parabel zu erkennen ist. Ferner sind die, auf gewöhnliche Art erzeugten, schnellen Kathodenstrahlen im Gase selbst nur so schwach sichtbar, daß ihre Bahn durch Fluoreszenszschirme erkennbar gemacht werden muß.

Sehr gut in ihrem ganzen Verlaufe sichtbare, relativ langsame Kathodenstrahlen erhält man, wie ich an anderer Stelle [1]) gezeigt habe, bei Anwendung glühender Metalloxyde als Kathoden. Diese weichen Strahlen, die ich bereits zur Demonstration der Kreisbahn bei ihrer magnetischen Ablenkung [1]) anwandte, habe ich nun auch benutzt zur Demonstration der parabolischen Bahn bei ihrer elektrostatischen Ablenkung.

Das hierzu konstruierte Rohr ist in Fig. 1 dargestellt. Es bedeutet K die Kathode (in

1) A. Wehnelt, Ann. d. Phys. (4) **14**, 458–459, 1904.

1) A. Wehnelt, Zeitschr. für d. phys. u. chem. Unterr. **18**, 195–197, 1905.

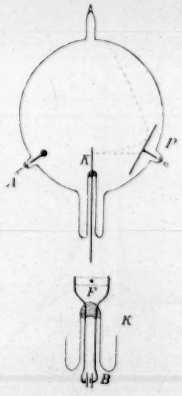


Fig. 1.

der Figur noch einmal besonders dargestellt), die aus einem schmalen Streifen Platinfolie besteht, der mit Hilfe einiger Akkumulatoren B erhitzt werden kann. Auf dem Streifen befindet sich ein Metalloxydfleck F von der Größe eines Stecknadelkopfes. A ist eine Anode aus Aluminium und P eine Aluminiumplatte.

Verbindet man K mit dem negativen und A unter Zwischenschaltung eines passenden Widerstandes (z. B. Glühlampe) mit dem positiven Pole einer Stromquelle von 110 oder 220 Volt, so geht, sobald K rotglühend ist, aus F ein Bündel Kathodenstrahlen aus, welches die Platte P in irgendeinem Punkte trifft, solange dieselbe isoliert ist. Verbindet man jetzt P mit K, so herrscht zwischen A und P dieselbe Potentialdifferenz, wie zwischen A und K. Die von F ausgehenden Kathodenstrahlen durchlaufen jetzt das zwischen A und P herrschende elektrostatische Feld, das so gerichtet ist, daß es die Bewegung der Strahlen zu hindern sucht. Dieselben erreichen daher nicht mehr die Platte P, sondern werden kurz vor dieser in Form einer Parabel (in der Figur punktiert gezeichnet) abgelenkt.

Da das Feld zwischen A und P nicht homogen ist, so ist die Bahn der Strahlen theoretisch auch keine vollkommene Parabel, jedoch ist die Annäherung an diese eine überraschend gute.

Es wäre überdies leicht eine vollkommene Parabel zu erzielen, wenn man z. B. die weichen Kathodenstrahlen schief durch eine kleine Öffnung in der Rückseite einer Kondensatorplatte, die gleichzeitig als Anode dient, in das homogene Feld zwischen zwei Kondensatorplatten treten ließe. Ich habe jedoch auf diese Anordnung verzichtet, da das Rohr einerseits zu kompliziert würde und andererseits nicht mehr zur Demonstration der Kreisbahn der Kathodenstrahlen bei der magnetischen Ablenkung anwendbar wäre.

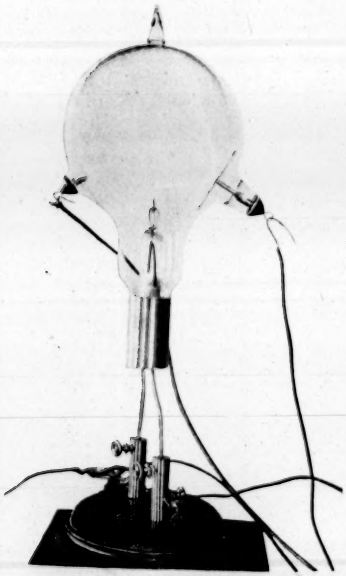


Fig. 2.

Fig. 2 zeigt eine photographische Aufnahme des Rohres, auf der die parabolische Bahn der Kathodenstrahlen gut erkennbar ist.

Das Rohr ist von der Firma E. Gundelach in Gehlberg in Thüringen hergestellt und mir in liebenswürdigster Weise zu diesen Versuchen zur Verfügung gestellt worden.

Erlangen, Phys. Inst. der Univ., Sept. 1905.

(Eingegangen 6. September 1905.)

Das Faradaysche Gesetz bei der Glimmentladung in Gasen.

Von Clarence A. Skinner.

Teil I.

Die Entwickelung von Wasserstoff an der Kathode und die Absorption von solchem an der Anode.[1])

1. Eine Untersuchung des Elektrodenfalls der verschiedenen Metalle in sorgfältig gereinigtem Helium zeigte in allen Fällen eine regelmäßige Zunahme des Gasdruckes mit der Dauer des elektrischen Stromes. Eine spektroskopische Beobachtung des negativen Glimmlichtes beim Anlassen des Stromes zeigte ein allmählich heller werdendes Spektrum von Wasserstoff außer dem Heliumspektrum. Erfolglose Bemühungen, die Gegenwart dieses Gases los zu werden, zeigten, daß seine Quelle in der Kathode zu suchen wäre und führten zu der vorliegenden Untersuchung.

2. Versuchsanordnung. Die Entladungsröhre wurde zum Anstellen vergleichender Versuche an zehn verschiedenen Kathoden (Kreisscheiben von 15 mm Durchmesser) oder Anoden eingerichtet, ohne daß diese in der Zwischenzeit der Atmosphäre ausgesetzt wurden. Diese Elektroden konnten zum Zwecke des Polierens entfernt oder durch neue ersetzt werden. Eine zweite Entladungsröhre, die als Kathode eine Natrium-Kaliumlegierung besaß, diente zwischen den einzelnen Versuchen zum Absorbieren des entwickelten Gases.[2])

1) Eine ausführliche Behandlung erscheint in der Physical Review, Juli-Nummer.

2) K. Mey, Ann. d. Physik, (4) 11, 127.

Der Gasdruck wurde vermittels eines Mac Leodschen Manometers gemessen. Dieses stellte zusammen mit den beiden Entladungsröhren und dem Verbindungsrohr den von der Gasfüllung eingenommenen Raum (620 ccm) dar. Der elektrische Strom wurde von einer Akkumulatorenbatterie geliefert und mit einem Westonschen Milliampèremeter gemessen. Sorgfältige Vorsichtsmaßregeln wurden gegen das Vorhandensein von Feuchtigkeit getroffen, und die Gegenwart von Kohlenwasserstoffen wurde dadurch vermieden, daß man als Schmiermittel bei den Sperrhähnen und Schliffen eine Lösung von Vaselin, Gummi und Paraffin benutzte.[1])

3. Versuche mit Helium. Dieses Gas wurde wie gewöhnlich aus Clevit erhalten und besonders von den letzten Spuren Stickstoff und Wasserstoff mit einer *Na-K*-Kathode, wie oben angegeben, gereinigt.

Der Vorgang bei den Versuchen war wie folgt:

Frisch polierte Elektroden von zehn verschiedenen Metallen wurden in die Entladungsröhre eingesetzt, letztere hierauf sofort evakuiert und über Nacht in Verbindung mit der Trockenkammer gelassen, die $P_2\ O_5$ enthielt. Am nächsten Tage wurden nach fortgesetztem Evakuieren die Verbindungen sowohl mit der Trockenkammer als mit der Pumpe geschlossen und Helium in die Entladungsröhre bei dem gewünschten Druck eingelassen. Als besondere Vorsichtsmaßregel gegen die Anwesenheit von fremden Gasen wurde hierauf mit *Na*, *K* als Kathode ein Strom durchgelassen, bis Druckversuche und spektroskopische Untersuchungen hierüber vergewisserten. Unmittelbar hierauf wurde das eine oder andere Metall als Kathode untersucht. Die folgenden Ergebnisse bewiesen, daß die Kathode die Quelle des entwickelten Gases ist. Wenn mit irgendeiner Kathode der Strom ungefähr eine Stunde lang hindurchgelassen wird, so fällt die Zunahme des Gasdruckes bis auf einen ganz unwesentlichen Betrag. Wenn man nun an diesem Punkte eine neue Kathode benutzt, so fängt der Gasdruck wieder mit der ursprünglichen Geschwindigkeit zuzunehmen an. Ein Auswechseln der Anode hat andrerseits keine Wirkung auf den Gasdruck. Wenn man eine Kathode, die anscheinend ihren Gasinhalt verloren hat, über Nacht sich selbst überläßt, so erholt sie sich mehr oder weniger wieder. Dies kommt offenbar von dem Gase, das sich im Innern des Metalls befindet und langsam nach außen an die freie Oberfläche diffundiert, denn die Erholung tritt in ganz derselben Weise ein, gleichviel ob die Kathode sich inzwischen in dem gemischten Gase, in reinem Helium oder im Vakuum befindet. Einige Metalle (z. B. Silber), deren Oberfläche durch Abstauben blank erhalten wird, scheinen sich über Nacht vollständig zu erholen, während andere (z. B. Aluminium), deren Oberfläche trübe wird, bei aufeinander folgenden Versuchen immer geringere Beträge an Gas abgeben. Alle Metalle erholen sich vollständig wieder, wenn man sie herausnimmt und frisch poliert. Versuche mit Zink (die in dem zweiten Teil vorliegender Arbeit beschrieben sind) zeigen, daß ein Metall, das endgültig von Gas befreit zu sein schien, durch Exponieren an der Atmosphäre einen neuen Gasbetrag erhielt.

Quantitative Versuche wurden an einer Anzahl von Metallen (Aluminium, Wismut, Kadmium, Kupfer, Gold, Blei, Magnesium, Nickel, Platin, Silber, Stahl, Zinn und Zink) ausgeführt. Alle diese gaben bei Benutzung als Kathode Wasserstoff ab. In einigen Fällen wurde auch eine Spur von Stickstoff bemerkt (z. B. bei Aluminium und Zinn). Die Zunahme des Gasdruckes bei andauerndem Stromdurchgang, die man bei Aluminium- und Magnesium-Kathoden in Helium (Druck 3,2 mm) bei einem Strome von zwei Milliampère beachtet, ist in Figur 1

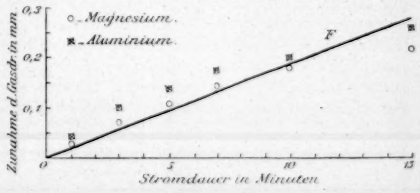


Fig. 1.

dargestellt. Die gerade Linie F gibt die berechnete Zunahme für den Fall an, daß das Faradaysche Gesetz für Elektrolyten auch die Gasentwicklung regelt. Wenn auch zu Anfang der abgegebene Betrag größer ist, so kommt doch bei beiden Metallen die Zunahme des Gasdruckes wirklich eine Zeitlang ganz auffällig der von F nahe. Später fällt sie unterhalb der Kurve.

In Figur 2 stellen die Kreise die mit einer Stahlkathode unter ähnlichen Verhältnissen er-

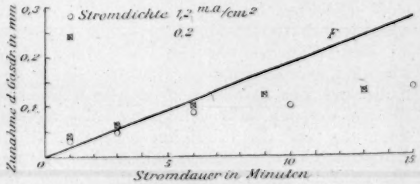


Fig. 2.

1) Travers, „Experimental Study of Gases".

zielten Werte dar. Dies ist typisch für die übrigen Metalle. Ein Überschuß an Gas wird zu Anfang abgegeben, hierauf tritt kurze Zeit lang (weniger als bei Aluminium und Magnesium) eine Entwicklung nach dem Faradayschen Gesetz ein, und diese nimmt ihrerseits an Geschwindigkeit bis auf einen verschwindenden Betrag ab; der Druck erreicht einen konstanten Maximalwert. Eine interessante Beziehung scheint zwischen dem Kathodenfall der Metalle und der Leichtigkeit, mit der sie Wasserstoff abgeben, zu bestehen. Der Kathodenfall (bei einem Strome von 0,6 Milliampère im Helium und bei einem Drucke von 2 mm) von Aluminium und Magnesium betrug, wie die Versuche ergaben, ungefähr 305 Volt, während alle übrigen Metalle einen Abfall von ungefähr 350 besaßen. Wie man durch Vergleich der Figuren 1 und 2 feststellen kann, geben die vorhererwähnten Metalle in 15 Minuten wenigstens 50 Proz. mehr Gas als die letzteren ab.

Außer den beschriebenen Versuchen wurde das Gesetz an Helium bei Drucken von 1 und 3 mm und auch bei Stromstärken von 1 und 3 Milliampère geprüft. Schließlich wurde ein Vergleich bei verschiedenen Stromstärken an der Kathode vorgenommen, indem ein weiterer Versuch mit einer eine sechsmal größere Entladungsfläche (10 qcm) besitzenden Stahlkathode ausgeführt wurde. Die Ergebnisse dieses letztgenannten Versuches bei einer Stromstärke von 2 Milliampère (wie vorher) sind in Fig. 2 durch gekreuzte Kreise angegeben. Mit dieser Veränderung der Stromdichten geht auch eine Veränderung des Kathodenfalls von ungefähr 100 Volt Hand in Hand. Wie man sieht, bestand kein wesentlicher Unterschied in der Geschwindigkeit, mit der die beiden Kathoden nach der ersten Minute Gas abgaben.

Aus diesen verschiedenen Versuchen kann man dann schließen, daß die Geschwindigkeit, mit der Gas aus einer frischen Kathode entwickelt wird (wahrscheinlich nachdem das Temperatur-Gleichgewicht erreicht ist), durch das Faradaysche Gesetz bestimmt wird. Ein Versuch mit Quecksilber als Kathode zeigte, daß man, wenn man es im Vakuum destilliert und ohne vorherige Berührung mit der Atmosphäre benutzt, kein Zeichen von Vorhandensein von Wasserstoff entdecken kann. Unter diesen Umständen wird jedoch Quecksilber durch die Entladung an den Wänden der Entladungsröhre abgeschieden, woraus man ersieht, daß dieses eine Rolle bei der Stromleitung spielen kann; aus diesem Versuch läßt sich daher keine Schlußfolgerung auf die Prinzipien ableiten, die die Entladung im allgemeinen beherrschen. Außerdem gibt die Natrium-Kaliumkathode unter dem Einfluß der Entladung keinen Wasserstoff ab, obwohl es fortdauernd Wasserstoff abgibt, wenn man es im Vakuum beläßt.

4. Versuche mit Wasserstoff. Frühere Untersuchungen mit einer Gasfüllung von Wasserstoff zeigten, daß die Drucke ganz außerordentlich konstant blieben. Dies wies darauf hin, daß die Anode bei einer Gasfüllung von Wasserstoff ebenso schnell absorbiert, wie die Kathode entwickelt. Ein länger dauernder Versuch wurde mit größeren Stromstärken als bei früheren Versuchen ausgeführt. Mit einer Silberplatte als Anode und einem Aluminiumdraht von halb so großer Oberfläche als Kathode wurde ein Strom von 2 Milliampère durch Wasserstoff (Druck 3,4 mm) hindurchgelassen. Die Veränderung des Gasdruckes ist durch die Kurve 1 in Fig. 3 dargestellt.

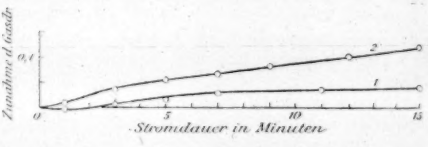


Fig. 3.

Während der ersten drei Minuten tritt keine wesentliche Veränderung in dem Gasdruck auf. Nach dieser Zeit bemerkte man jedoch eine leichte Zunahme. Wenn nun der Unterschied zwischen diesen Ergebnissen und denen, die man von Helium erhält, durch Anodenabsorption verursacht wird, so müssen wir daraus schließen, daß nach einiger Zeit das absorbierte Gas an der Anodenfläche eine solche Konzentration erreicht, daß es anfängt, wieder in die Gasfüllung überzugehen. Diese Schlußfolgerung läßt sich qualitativ prüfen, indem man eine Anode von viel größerer Fläche benutzt; in diesem Falle müßte der Gasdruck schneller zu steigen beginnen. Mit einer Aluminiumplatte (Fläche 1,7 cm²) als Kathode und einer Platte von weniger als einem Zehntel dieser Fläche als Anode wurde daher ein Strom wieder durch Wasserstoff hindurchgelassen. Die sich ergebende Veränderung des Gasdruckes ist in Kurve 2, Fig. 3, dargestellt und bekräftigt die angeregte Erklärung. Der Druck fängt schneller zuzunehmen an und nimmt auch weiter schneller zu als bei dem früheren Versuche.

Teil II.

Die Entwicklung von Stickstoff aus der Kathode und seine Absorption durch die Anode.[1])

5. Destilliertes Zink als Kathode. Um die Wirkung der Abwesenheit absorbierter Gase

1) Soll ausführlich in der „Physical Review" veröffentlicht werden.

auf die Kathodenerscheinungen zu untersuchen, wurde Zink im Vakuum destilliert, entfernt und in die gewünschte Form vermittels eines sauberen Schneidewerkzeugs gebracht. Hierauf wurde es in gewohnter Weise in der Entladungsröhre montiert. Ein Versuch zeigte jedoch, daß absorbiertes Gas ganz ebenso vorhanden war, als wenn das Metall nicht behandelt worden wäre. Hiervon nahm ich zunächst an, daß es sich im wesentlichen um Oberflächenokklusion handele, so daß ich dachte, es würde durch Verwendung als Kathode vollständig entfernt werden. Mehrtägige Versuche zeigten jedoch die Nutzlosigkeit auch dieses Bemühens. Interessante Erscheinungen wurden aber durch diesen Versuch ans Tageslicht gebracht. Die ersten Kathodenbeobachtungen dauerten ungefähr 1 Stunde, worauf der Gasdruck einen ziemlich konstanten Maximalwert erreicht hatte. Spektroskopische Untersuchungen zeigten, daß das entwickelte Gas Wasserstoff war. Wenn jedoch der Strom am zweiten Tage weiter hindurchgelassen wurde, bemerkte ich in Verbindung mit einer neuen Entwicklung von Gas eine allmählich immer glänzender werdende Stickstoffstrahlung außer der des Wasserstoffes. Nach mehrtägigen Versuchen war das abgeschiedene Gas schließlich zu einer fast verschwindenden Menge reduziert, aber solange man auch mit den Versuchen fortfuhr, so konnte man doch das Kathodenspektrum von diesen beiden klar gekennzeichneten Strahlungen nicht befreien.

Wenn man die Atmosphärenluft in die Röhre einließ, nahm das Zink wieder eine neue Gaszufuhr auf.

Die hartnäckige Gegenwart von Stickstoff brachte mich auf den Gedanken, daß es auch in der Stromführung an den Elektroden dieselbe Rolle wie Wasserstoff spielen würde. Kohlenelektroden wurden hierfür gewählt, da von diesen am ehesten anzunehmen war, daß sie Stickstoff in derselben Weise liefern würden, wie die Metalle Wasserstoff abgegeben hatten.

6. Versuche mit Helium. Ähnliche Versuche wie die beschriebenen Versuche an Metallen wurden mit Kohlenplatten (die aus harten Bogenkohlen ausgeschnitten waren) als Kathoden in Helium ausgeführt. Anstatt das entwickelte Gas absorbieren zu lassen, wurde jedoch bei jedem Versuch neues Helium benutzt. Die Zunahme des Gasdruckes bei einem Strom von 2 Milliampère (Gasdruck 3,1—3,5 mm) mit drei verschiedenen Kohlenkathoden (Aluminiumanode) ist in Figur 4 bezw. durch die Kurven 1, 2 und 3 dargestellt.

Es zeigte sich, daß das entwickelte Gas Stickstoff nebst einer Spur Wasserstoff war. Während der ersten drei Minuten ist der Betrag bei den einzelnen Versuchskörpern beträchtlich verschieden. Später stimmen alle jedoch genau miteinander überein, und ebenso stimmen sie an diesem Punkte mit dem Faradayschen Gesetz, das durch die gerade Linie F dargestellt ist. (Das von der Gasfüllung bei diesen und den folgenden Versuchen eingenommene Volumen betrug 465 ccm). Später fällt gerade wie bei dem aus Metall entwickelten Wasserstoff die Gasentwicklung unterhalb der Linie F.

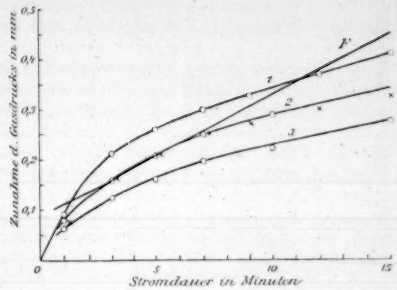


Fig. 4.

Kohle, die anscheinend von ihrem Gasbetrage befreit worden war, erholt sich auch durch Diffusion aus dem Inneren der Substanz an die Oberfläche. Dies zeigte ich in der Weise, daß ich die Entladungsröhre unmittelbar nach Abschluß des obigen Versuchs evakuierte und dann nach sechsstündiger Ruhe die erste Kathode der obigen Serie wieder einem Versuch unterzog. Die Ergebnisse sind durch die Kreuze neben Kurve 2 in Figur 4 dargestellt.

7. Versuche mit Stickstoff. Um auch die Anodenabsorption zu untersuchen, benutzte ich Kohlenelektroden in einer Gasfüllung von Stickstoff. Die Ergebnisse zweier besonderer Versuche mit einem Strom von 2 Milliampère (Gasdruck 1,8 mm) sind durch die Kurven 1 und 2 in Fig. 5 dargestellt. Hier zeigt sich

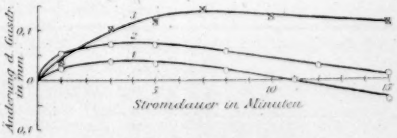


Fig. 5.

auch zunächst eine beträchtliche Abweichung zwischen den Resultaten; nach einer Minute ist jedoch die Veränderung in beiden Fällen so ziemlich dieselbe. Bei beiden Kurven stellt sich ein Maximalwert ungefähr drei Minuten nach Beginn und hierauf eine sehr angenähert konstante Abnahme ein.

Kurve 3 wurde derart erzielt, daß ich in ähnlicher Weise eine Kohlenkathode und eine Aluminiumanode von weniger als einem Zehntel ihrer Fläche benutzte. Die Oberfläche der Anode nahm während der Entladung eine schmutzig-braune Farbe an. Die Form dieser Kurve liegt zwischen der von 1 und 2 (siehe dieselbe Figur) und denen von Fig. 4. Dieser Umstand weist darauf hin, daß zwar noch eine Absorption seitens der Anode besteht, die Entwicklung von Gas aus der Kathode in Stickstoff sich aber der bei Helium beobachteten nähert.

8. Die Kohlenanode absorbiert Stickstoff nach dem Faradayschen Gesetz. Die oben erwähnte anfängliche Abweichung der mit verschiedenen Versuchskörpern erzielten Ergebnisse schließt zwar einen genauen Vergleich der Kathoden- und Anodenwirkung aus, doch liefert ihre genaue spätere Übereinstimmung eine Grundlage für zuverlässige Schlußfolgerungen. Um daher diesen Vergleich auszuführen, nehmen wir an, daß ein aus den in Fig. 4 dargestellten Resultaten erhaltener Mittelwert die Entwicklung von Gas aus einer Kohlenkathode in Stickstoff angibt. Dies ist durch die Kurve A in Fig. 6 dargestellt. Die Kurve B

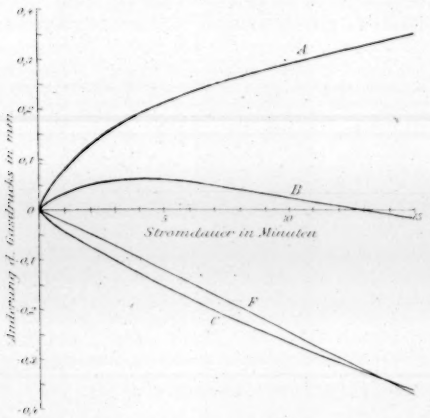


Fig. 6.

gibt gleichfalls die Mittelwerte der Kurven 1 und 2 in Fig. 5 an und stellt die kombinierte Wirkung von Kathode und Anode dar, wenn beide aus Kohle bestehen. Wenn man nun Kurve A von Kurve B abzieht, so erhält man Kurve C, die nur die Wirkung der Anode in Stickstoff angibt. Wie ersichtlich, besteht diese Wirkung darin, daß der Gasdruck mit einer durch das Faradaysche Gesetz (das seinerseits wieder durch die gerade Linie F dargestellt ist) bestimmten Geschwindigkeit erniedrigt wird, vorausgesetzt, daß man die Ergebnisse der ersten drei Minuten als unzuverlässig unberücksichtigt läßt.

Wir haben auf diese Weise Material geliefert, aus dem sich ergibt, daß der elektrische Strom bei der Glimmentladung in Gasen zu Anfang von Gasatomen getragen wird. Da sich nun keine bemerkenswerte Veränderung in der Form der Entladung mit der Dauer des Stromdurchganges beobachten läßt, dürften wir kaum irgendwelche anderen Ionen als Atomionen erwarten, gleichviel wie lange der Strom hindurchgeht.[1])

1) Allgemeinere Schlußfolgerungen sind in der oben angeführten Zeitschrift gegeben.

Universität Nebraska, Lincoln, Ver. Staaten.

(Aus dem Englischen übersetzt von Alfred Gradenwitz.)

(Eingegangen 5. Juli 1905.)

Der elektrische Wind.

Von V. Schaffers.

Die Erscheinung, die man seit langer Zeit gewohnt ist mit dem Namen „elektrischer Wind" zu bezeichnen, ist komplexer Natur. Sie ist in den meisten Fällen die Resultante dreier verschiedener Wirkungen, nämlich der Formveränderung eines flüssigen Leiters unter der Einwirkung der Influenz und der gewöhnlichen Anziehung, der Abstoßung der Spitze auf die Ladung gleichen Zeichens, die sie diesem Leiter mitteilt, und schließlich der mitziehenden Wirkung, die ein Teil der durchlaufenen Luft seitens der sich bewegenden elektrischen Ladungen, d. h. der Ionen, erfährt. Die letztere Wirkung wird gewöhnlich allein in Betracht gezogen; sie ist aber nicht die hauptsächlichste. Die zweite Wirkung ist stets an Bedeutung vorherrschend.

Das Vorhandensein eines Transports von Luft unter der Einwirkung elektrischer Spitzenentladungen ist erst in den letzten Jahren bewiesen worden, seit man angefangen hat, die Geschwindigkeiten der Ionen zu messen. So hat Chattock[1]) für die Luftgeschwindigkeit im Maximum 2 Proz. der Geschwindigkeit der positiven Ionen und 1,4 Proz. der Geschwindigkeit der negativen Ionen gefunden. Er weist mit Recht darauf hin, daß diese Werte in Wirklichkeit nicht einmal erreicht werden, weil er zu ihrer Berechnung hat annehmen müssen, daß die Reibung der Ionen an Luft vollständig in lebendige Translationskraft umgewandelt wird, was nicht wahrscheinlich ist.

1) Phil. Mag., 5. Folge, **48**, 401, 1899, und 6. Folge, **2**, 84, 1901.

Unter diesen Umständen, meine ich, müßte man, um die Sache durch ein Beispiel zu veranschaulichen, den Fall einer Flamme in folgender Weise besprechen:

Ich erinnere zunächst daran oder zeige, daß die Flamme leitend und daß sie ferner elektrisiert ist und zwar der blaue Teil negativ, der gelbe positiv.

Hierauf mache ich folgenden Versuch:

Erster Versuch. Ich setze zwischen die Flamme und die Spitze eine große Glasplatte. Wenn die Flamme isoliert ist, sieht man dann, daß sie sich in der durch die Spitze hindurchgehenden Ebene verbreitert. Wenn die Spitze positiv ist, wird der gelbe Teil abgestoßen und der blaue angezogen, während im anderen Falle der gelbe angezogen und der blaue abgestoßen wird. Hieraus entstehen entgegengesetzt gerichtete Neigungen der gesamten Flamme. Bei einer nichtisolierten Flamme beobachtet man dieselben Erscheinungen, aber in geringerem Maße; die Elektrizität gleichen Vorzeichens wie die Spitze fließt zum größten Teil in den Erdboden ab.

Bei allen diesen Erscheinungen handelt es sich lediglich um gewöhnliche Influenzwirkungen auf einen deformierbaren Leiter.

Zweiter Versuch. An Stelle der Glasplatte setze ich zwischen die Flamme und die Spitze eine Metallgaze, die mit dem Boden in Verbindung steht oder einfach in der Hand gehalten wird. Unter diesen Umständen werden die Ionen aufgehalten und ferner das elektrische Feld auf den Raum begrenzt, der zwischen der Metallgaze und der Spitze liegt. Wenn man also eine Wirkung auf die Flamme beobachtet, so liegt sie diesmal lediglich an der Luft, die in Bewegung gesetzt und ihrer Ladung beraubt wird, oder mit anderen Worten, an dem elektrischen Wind; und wirklich beobachtet man dann in allen Fällen eine einfache Abstoßung der Flamme und, wenn diese isoliert ist, überzeugt man sich leicht davon, daß sie keinerlei elektrische Ladung empfängt. Es wird also nichts verändert, wenn man sie mit dem Boden in Verbindung setzt.

Dritter Versuch. Ich lasse nur die Flamme und die Spitze zusammen. Alle früheren Wirkungen werden bedeutend erhöht: die Verlängerung der Flamme in der Richtung der Kraftlinie ist merklicher und die Neigung beträchtlicher. Außerdem werden die Unterschiede, die man beobachtet, je nachdem ob die Spitze positiv oder negativ und die Flamme isoliert oder nichtisoliert ist, ganz erheblich stärker. So ist z. B., wenn eine nichtisolierte Flamme vor oder unterhalb einer positiven Spitze angebracht wird, da der gelbe Teil selbst positiv geladen ist und sich außerdem in einem Strom positiver Ionen befindet, das Zuströmen negativer Elektrizität auf die Röhre hin, durch die das Gas entweicht, so bedeutend, daß die Flamme infolge der von ihm ausgeübten Anziehung auf sie hinabgedrückt wird. Alle weiteren bei der Untersuchung der Flamme festgestellten Besonderheiten lassen sich in ähnlicher Weise erklären.

Bei dieser Art der Darstellung zeigen die beiden ersten Versuche getrennt voneinander die Wirkung der beiden ersten auf die Flamme einwirkenden Faktoren. Der dritte Versuch gibt nur den kombinierten Effekt der drei Faktoren.

Um den dritten Effekt, d. h. die Abstoßung der Spitze seitens der von ihr ausgesandten Ladung, und zugleich das Vorherrschen dieser Wirkung über die beiden anderen und insbesondere über den elektrischen Wind unabhängig zu zeigen, habe ich folgenden Apparat erdacht.

Eine sehr leichte Mühle (Fig. 1 u. 2) ist gebildet aus sechs Aluminiumplättchen, die mit ihren rechtwinklig umgebogenen Kanten auf zwei Glimmerscheiben aufgeklebt sind, so daß zwischen diesen Scheiben gerade Schaufeln ohne leitende Verbindung entstehen. Vor der Mühle befinden sich eine oder mehrere Spitzen, die auf einem isolierten Fuße von regulierbarer Höhe installiert sind. Falls die Isolation gut ist, so dreht sich das System nicht, wenn die elektrisierte Spitze so angebracht ist, daß der elektrische Wind nur auf die oberen Schaufeln auftrifft. Man beobachtet nur zu Anfang einige oszillierende Bewegungen: zuerst eine rückläufige Bewegung, die nach der Spitze geht und auf Rechnung der Influenz kommt, dann den Anfang einer Rotation nach vorn, die der Abstoßung an den Schaufeln, die zuerst Ionen erhalten haben, zuzuschreiben ist, und schließlich ein vollständiges Stillstehen oder ein leichtes Schaukeln. Es ist klar, daß sobald die Aluminiumplatten von der Spitze gleichmäßig geladen worden sind, der elektrische Wind, d. h. die Luftbewegung, die einzige noch wirkende Kraft ist. Nun ist diese aber unfähig, die Rotation zu unterhalten.

Falls man fürchten sollte, daß die Elektrisierung der Schaufeln auf den Hergang der Bewegung nicht ohne Einfluß wäre, so würde nichts leichter sein als sich davon zu befreien: Ich bringe zwischen der Mühle und den Spitzen eine Metallgaze ein, die mit dem Erdboden in Verbindung steht, um alle Ionen aufzunehmen und das Feld zu begrenzen, wobei doch die fortgezogene Luft hindurch kann. Dann stelle ich dieselbe Unbeweglichkeit mit einer feinen Metallgaze fest, durch die doch ein sehr leichter Hauch oder das bloße Ausströmen von Leuchtgas aus der städtischen Leitung (4 cm Wassersäule) eine schnelle Rotation hervorruft. Bei einer weniger engen Gaze kommt man so weit,

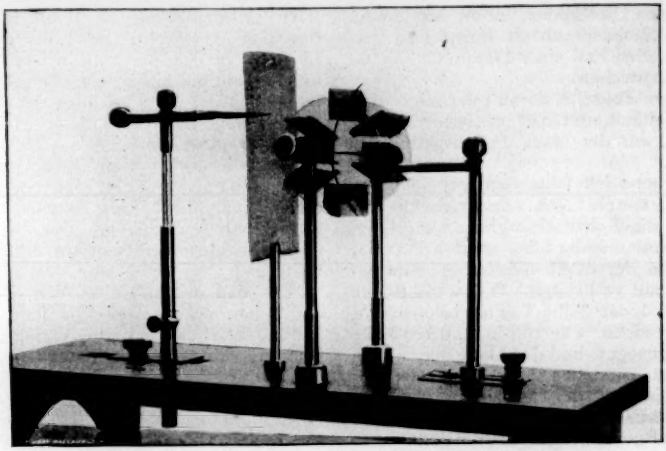


Fig. 1.

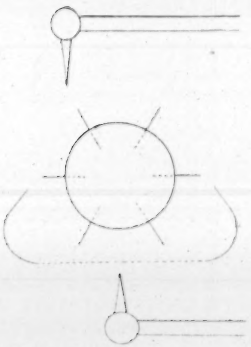


Fig. 2.

die Mühle langsam in Bewegung zu setzen. Nur ist man dann nicht mehr sicher, alle Ionen aufgehalten zu haben.

Nun wollen wir die Metallgaze fortnehmen und auf der entgegengesetzten Seite der Mühle in der Höhe der Achse einen nichtisolierten Leiter, der zu der Außenkante der Schaufel parallel ist, oder aber auch event. eine Reihe von Spitzen anbringen. Dann setzt sich die Mühle in schnelle Vorwärtsbewegung. Glauben wir aber etwa nicht, daß dies die Wirkung des elektrischen Windes sei, wenigstens nicht in erster Linie. Die angewandte Vorrichtung zeigt bei oberflächlicher Untersuchung, daß die Hauptursache der Bewegung auf Anziehungen und Abstoßungen beruht, die man leicht erkennen kann. Die durch eine Ablagerung von Ionen geladenen Platten entladen sich an dem Leiter, der in Achsenhöhe angebracht ist und laden sich an ihm sogar durch Influenz aufs neue in entgegengesetztem Sinne. Auf diese Weise kommt das Rotationsmoment gleichzeitig auf Rechnung der Abstoßung der Spitze auf das Oberteil des Rades und der gleichwirkenden Anziehung auf das Unterteil.

Einen letzten entscheidenden Beweis haben wir, wenn es uns gelingt, den kleinen Apparat entgegengesetzt dem elektrischen Winde in Drehung zu versetzen, indem wir die Vorzeichen der Ladungen umkehren. Nichts ist einfacher als dies. Wir nehmen den kleinen Leiter fort, der vorhin in der horizontalen Ebene der Achse angebracht war und befestigen an dem einen Lager der Mühle einen Metalldraht, der senkrecht gerichtet und nach den Flügeln hin in der Weise gekrümmt ist, daß seine Enden die Ränder der Flügel streifen. Sogleich ändert die Drehung ihre Richtung, und wenn sie auch diesmal dem elektrischen Winde entgegengeht, so scheint sie doch mit mindestens derselben Geschwindigkeit zu erfolgen wie die Vorwärtsdrehung bei dem vorhergehenden Versuch. Es ist klar, daß das obere Ende des Drahtes den vor ihm vorübergehenden Flügeln eine Ladung erteilt, deren Vorzeichen der der Spitze entgegengesetzt ist, während das andere Ende eine Ladung gleichen Vorzeichens gibt.

Der eigentliche elektrische Wind ist demnach stets sehr schwach und von weit geringerer Intensität als man früher annahm. Die Ionentheorie gibt uns hierfür auch den Grund. Die Ionen befinden sich stets in verhältnismäßig geringer Anzahl in der Gesamtheit der Gas-

moleküle, so bedeutend auch der Entladungsstrom sein möge; dies kommt von der verhältnismäßig bedeutenden Ladung, die jedes von ihnen trägt und die man auf $1{,}13 \cdot 10^{-20}$ elektromagnetische Einheiten schätzt. Sie reißen die nichtgeladenen Moleküle mit sich fort, indem sie ihnen durch den Anprall einen Teil ihrer Energie mitteilen. Da aber die getroffenen Moleküle nur einen kleinen Bruchteil der Gesamtheit darstellen und da die Ionengeschwindigkeiten selbst nicht sehr erheblich sind (1,3—1,8 cm pro Sekunde bei einem Potentialabfall von 1 Volt pro cm), so begreift man, daß die Geschwindigkeit der fortgerissenen Luft schwach bleibt. Das Ergebnis wäre ein ganz anderes, wenn, wie man es lange geglaubt hat, die Moleküle der Luft selbst und nicht die Ionen der Sitz der elektrischen Ladung wären.

(Aus dem Französischen übersetzt von Alfred Gradenwitz.)

(Eingegangen 3. Juli 1905.)

Luftelektrische Beobachtungen während der Sonnenfinsternis vom 30. August 1905.

Von A. Gockel.

Die im nachstehenden kurz beschriebenen Messungen wurden angestellt in Vinaroz, einem an der spanischen Mittelmeerküste gelegenen Städtchen. Als eigentlicher Beobachtungsplatz diente die Eremitage, ein isoliert auf einem 6 Kilometer vom Meer und vom Städtchen entfernten Hügel gelegener schloßähnlicher Bau. Die Höhe des Platzes über dem Meer betrug ungefähr 120 m.

Es wurde gemessen: 1. das Potentialgefälle nach der Exnerschen Methode inmitten eines ca. 1000 qm großen Hofes, der auf zwei Seiten von Gebäuden, auf den beiden anderen von einer niedrigen Mauer umgeben war; 2. die Zerstreuung, und zwar in der von Schering angegebenen Weise. Diese Messungen wurden vorgenommen in einem luftigen, nach vorne durch Pfeiler begrenzten, gedeckten Gang, der sich zu ebener Erde längs einer Seite des Hofes hinzog; 3. der Ionengehalt nach der Ebertschen Methode. Diese Messungen wurden auf einem nach dem Hofe zu gelegenen Balkon des Hauptgebäudes angestellt.

Die Messungen erstreckten sich über den 28., 29. und 30. August.

Am 29. war der Himmel bedeckt, es wehte in der Nähe des Bodens Nordwind, die Wolken zogen aus SW. Das Barometer sank. Am Vormittag des 30. trat mit zunehmendem Luftdruck Aufheiterung ein. Um 10 Uhr waren nur noch am Horizont einige Cu-S-Bänke zu sehen. Windstärke ca. 4 (Beaufort-Skala). Gegen 12 Uhr entwickelte sich im Westen eine Cumulusbank, die sich rasch gegen den Zenith heraufschob, und kurz vor der $1^h\,17$ eintretenden Totalität verdeckten dünne, rasch ziehende Cumuli die Sonne; doch war während der 3′ 46″ Sek. andauernden Totalität die Korona zweimal vollständig sichtbar. Gegen 2 Uhr trat für kurze Zeit Aufheiterung ein, später bedeckte sich der Himmel vollständig. Während der Totalität herrschte fast vollständige Windstille, erst gegen 3 Uhr wuchs die Windstärke wieder auf 5. Das Barometer, das um 9^h 749,75 zeigte, erreichte $12^h\,15$ den niedersten Stand, nämlich 748,90, blieb während der Verfinsterung konstant, und stieg dann wieder langsam auf 749,40.

Die Temperaturerniedrigung während der Verfinsterung betrug ungefähr einen halben Grad.

Das Potentialgefälle wurde zuerst alle Viertelstunde, von $12^h\,45$ bis $1^h\,5$ und von $1^h\,25$ bis $1^h\,45$ alle 5 Minuten, von $1^h\,5$ bis $1^h\,25$ dagegen jede Minute gemessen, später erfolgten die Ablesungen wieder in größeren Zwischenräumen. Das Potentialgefälle stieg im Laufe des Vormittags von 80 Voltmeter auf 95, dieses Maximum wurde gegen 1 Uhr erreicht, dann trat ein Sinken ein; die in den einzelnen Minuten abgelesenen Werte schwankten um 80, nur einmal, nämlich $1^h\,5$, wurde 68 abgelesen; $1^h\,18$, also eine Minute nach Eintritt der Totalität, schnellte der Wert plötzlich auf 90, um aber rasch wieder auf 80 herunterzugehen; hierauf blieb er nun ziemlich konstant, um erst gegen 3^h auf über 100 zu steigen. Bemerkenswert ist, daß das aus den Zerstreuungswerten berechnete q während dieser Zeit genau denselben Gang wie das Potentialgefälle einschlug. Erst als gegen 3 Uhr die Wolkendecke dichter wurde, sank q, während das Potentialgefälle trotz der nicht sehr weit entfernten Nimbuswolken stieg. Ein Sinken des Potentialgefälles hat Herr Elster seinerzeit während der totalen Sonnenfinsternis in Algier beobachtet. Ich will hier gleich anfügen, daß Messungen des Potentialgefälles, die meine Frau hier in Freiburg (Schweiz) vornahm, einen anderen Gang ergeben haben; allerdings wirkte auch hier die starke Cumulusbewölkung (Himmel bis zu $^9/_{10}$ bedeckt) störend. Das Potentialgefälle, das den Vormittag um den Wert 100 geschwankt hatte — ich gebe, da vom Fenster aus beobachtet wurde, die direkt gemessenen Voltwerte — stieg, entgegengesetzt dem normalen täglichen Gang $1^h\,25$ rasch auf 150, sank dann wieder ein wenig, stieg aber kurz vor Eintritt der maximalen Verfinsterung, $2^h\,10$, wieder an; $2^h\,19$, als die Sonne etwa zu $^5/_6$ vom Monde bedeckt war, wurde 170 abgelesen; $2^h\,30$ war der Wert wieder 125, darauf folgte neues Steigen 3^h P.-G. = 185 Volt, $3^h\,30$ = 300 Volt. Gegen 4^h erfolgte ein Sinken auf 110

Volt. Die Beobachtungen erfolgten hier während der Verfinsterung in der Weise, daß nach je 15 Minuten Pause 5 Ablesungen in Intervallen von je einer Minute gemacht wurden. Vor und nach Eintritt des ersten und letzten Kontaktes wurde nur stündlich gemessen.

Ich kehre zu den in Vinaroz gemachten Messungen zurück. Die Bestimmung des Ionengehalts der Atmosphäre mit dem Ebertschen Apparat erfordert für jede Ionenart 10—20 Minuten. Der Apparat erlaubt also nicht, eventuellen raschen Schwankungen des Ionengehalts zu folgen. Ich habe deshalb das Arbeiten mit dem Aspirationsapparat zwischen 12 und 2^h eingestellt, dagegen in dieser Zeit mit dem Scheringschen Apparat ununterbrochen (natürlich unter Innehaltung der bei einem Zeichenwechsel der Ladung nötigen Pausen) gemessen. Der Ebertsche Apparat ergab nach Schluß der Verfinsterung für den Ionengehalt denselben Wert wie vor Eintritt derselben, nämlich — 0,442 resp. + 0,430 E. E. im Kubikmeter Luft. Der Zerstreuungskoeffizient a_- schwankte während der Verfinsterung unregelmäßig zwischen 0,5 und 0,6 hin und her; a_+ fiel dagegen konstant von 10^h 30 bis 1^h 30 von 0,66 auf 0,50, um dann bis 3^h wieder auf 0,56 zu steigen. Das Verhalten des Wertes q ist schon oben angegeben.

Wie die Angaben des hier aufgestellten Hygrographen erkennen lassen, fallen die von meiner Frau hier beobachteten Erhöhungen des Potentialgefälles zeitlich mit rascher Zunahme der relativen Feuchtigkeit zusammen. Die Erhöhung des P.-G. erklärt sich also ungezwungen durch das Ausfällen negativer Ionen. Auch die von mir in Vinaroz beobachteten Schwankungen des P.-G. und des Wertes q möchte ich auf dieselbe Weise erklären, wobei ich es aber unentschieden lassen muß, ob diese Schwankungen durch die Verfinsterung oder durch den Wechsel der Bewölkung hervorgebracht wurden. Eine weitere Diskussion der Resultate wird erst angezeigt sein, wenn auch die an anderen Orten angestellten Beobachtungen veröffentlicht sind.

Meinen wärmsten Dank muß ich aussprechen den Herren P. Cirera und P. Dressel vom Observatorium in Tortosa sowie einer Reihe Einwohnern von Vinaroz, speziell dem Herrn Pfarrer Bono, Arzt Boca und dem Herrn Bürgermeister für gastfreundliche Aufnahme und für die gütige Unterstützung bei dem Suchen nach einem passenden Beobachtungsort.

Freiburg (Schweiz), September 1905.

(Eingegangen 7. September 1905.)

Über Messungen des Kathodengefälles und des Potentialgradienten in Sauerstoff und den Halogenen Chlor, Brom und Jod.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von Günther Bode.

Das Kathodengefälle in Sauerstoff an Platin ist schon von J. W. Capstick[1]) bestimmt und der Wert 369 Volt gefunden worden. Da es denkbar wäre, daß dies Resultat durch event. entstehendes Ozon beeinträchtigt sein könnte, wurden die Messungen bei einer Temperatur von 200 bis 300 Grad wiederholt, da O_3 bekanntlich bei dieser Temperatur als solches nicht mehr bestehen kann. Die längere Zeit andauernde Erhitzung des Entladungsgefäßes hatte keinen Einfluß auf das Kathodengefälle, welches im Durchschnitt zu 370 Volt gefunden wurde. An Aluminium ergab sich ein Gefälle von 300 bis 320 Volt.

Der Potentialgradient wurde in einem 3 cm breiten und 18 cm langen Rohr gemessen. Seine bei einer Stromstärke von $5 \cdot 10^{-4}$ Ampère ermittelten Werte zeigt die Tabelle.

Druck in mm	Gradient				G/p
0,1	6	—	—	—	60
0,2	10	—	—	—	50
0,27	—	10,4	—	—	38,5
0,46	—	15,2	—	—	33
0,49	—	—	16	—	32,6
0,5	—	—	—	16	32
0,56	—	—	—	17	30,4
0,65	—	—	—	19,3	29,7
				20	30,8
0,7	—	21	20	—	30
					28,6

G/p ist der Quotient Gradient durch Druck.[2]) Die verschiedenen Spalten in der Tabelle bezeichnen neue Versuchsbedingungen.

Der Gradient in Sauerstoff hat ungefähr dieselbe Größe wie der in Stickstoff.

Für das Kathodengefälle in Chlor an Platin ergaben sich 320 bis 340 Volt. Dies niedrige Gefälle war auffallend, da das Funkenpotential in Chlor relativ hoch[3]) ist. Waren die Messungen richtig, so mußte der Gradient groß sein. Es fand sich auch ein verhältnismäßig hoher Wert (etwa dreimal so groß, wie in Sauerstoff und Stickstoff), der mit zunehmendem Druck stärker als in obigen Gasen wuchs.

Der Druck wurde mit Hilfe eines geeignet gebauten Schwefelsäure-Manometers bestimmt.

Um im Bromdampf messen zu können, mußte das flüssige Brom luftleer in Kügelchen eingeschmolzen werden, die dann in dem gut ausgepumpten Entladungsgefäß durch Fallen-

1) J. W. Capstick, Proc. Roy. Soc. **63**, 356, 1898.
2) W. Heuse, Ann. d. Phys. **5**, 675, 1901.
3) F. Ritter, Ann. d. Phys. **14**, 118, 1904.

Druck in mm	Gradient in Cl_2			O_2	G/p in Cl_2
0,2	—	—	—	10	—
0,3	31	—	—	12	103,3
0,4	—	39	—	14	97,5
0,5	—	45	—	16	90,0
0,6	49	—	—	18	81,7
0,7	—	—	52	20	74,3
0,8	—	—	—	—	—
0,9	—	67	63	—	74,4 70,0
1,0	—	76	—	—	76,0
1,1	79	—	77	—	71,7 70,0
1,2	—	81	79	—	67,5 65,7
1,75	—	—	109	—	62,3
1,9	—	—	125	—	65,8

lassen eines von außen elektromagnetisch gehobenen, in Glas eingeschmolzenen Eisenstückchens zertrümmert wurden. Durch Kältemischungen aus fester Kohlensäure und Äther wurde der gewünschte Druck hergestellt und wie oben gemessen.

Das Kathodengefälle lag zwischen 376 und 414 Volt. Der Faradaysche dunkle Raum ist bei den Halogenen sehr klein. Die große Nähe des positiven Lichtes beeinflußt daher leicht die Messungen, da der Gradient im dunklen Raum an der Grenze des positiven Lichtes nicht zu vernachlässigen ist.[1]) Die mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpften Messungen ergaben für den Gradienten nachfolgende Werte:

Druck in mm	Gradient				G/p
0,14	—	26	—	—	185,5
0,2	—	—	—	32	160,0
0,29	—	33	—	—	113,8
0,36	38	—	40,5	—	112,2 105,3
0,4	—	—	44,8	—	112,0
0,75	—	—	—	52	69,4

Ähnlich wie in Bromdampf wurde das Kathodengefälle in Joddampf bestimmt, nur mußte hier der erforderliche Druck durch Erwärmung auf etwa 50 Grad erreicht werden. Gefunden wurden Werte zwischen 380 bis 430 Volt.

Messungen in Joddampf sind nach Abschluß dieser Arbeit in Erlangen[2]) veröffentlicht worden und ergaben verhältnismäßig gute Übereinstimmung mit obigen Resultaten.

1) W. P. Graham, Wied. Ann. **64**, 53, 1898.
2) W. Matthies, Ber. d. phys. med. Soz. Erlangen (37) 1905.

Berlin, Physikalisches Institut der Universität, März 1905.

(Eingegangen 31. August 1905.)

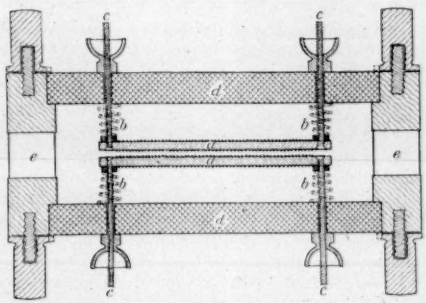
Neue Strahlen oder eine neue Emanation.

(Vierte Mitteilung.)

Von J. J. Taudin Chabot.

Zur Behandlung der am Schlusse voriger Mitteilung[1]) gestellten Frage, ob ein hochempfindliches Selenpräparat die elektrische Leitfähigkeit eines in seiner Einflußsphäre befindlichen ebensolchen Präparats verändert, wenn es stromführend wird, verfuhr ich folgendermaßen:

Die mehrfach erwähnten Plaquetten *a* und *a*, Figur 1, in $^2/_3$ nat. Gr. — zwei rechteckige Schieferplatten, eine jede bewickelt mit zwei parallelen *Pt* (bezw. *Pt Ir*) Drähten — lagern auf Federn *b*, gehalten von den Schrauben *c*, mit deren Hilfe man sie parallel richten und beliebig verstellen kann; die sich zugewandten Seiten tragen an der Drahtumwicklung den bekannten Selenüberzug. Ebonitscheiben *d* geben den Schrauben *c* Führung und lassen die je zwei Leiter durch, welche an die Bifilarwicklung einer jeden Plaquette anschliessen, nicht, wie sonst bei sogenannten Selenzellen von der selben, sondern an jedem Draht von der entgegengesetzten Seite, damit der Spannungsabfall symmetrisch sei, wofern wenigstens es die Homogenität der Selenschicht erlaubt. Drehung der Ebonitscheiben in dem sie verbindenden starken Holzring läßt Schieferplatten und Leiterumwicklung gleich gerichtet (wie in Figur) oder beliebig gekreuzt lagern. Die Bohrungen *e*, für gewöhnlich mit Korkstöpseln verschlossen, gestatten noch irgendeinen Gasstrom durch den zwischen Ebonitplatten und Holzring eingeschlossenen Dunkelraum, der eben die Selenpräparate enthält, zu leiten.



Es wurden nunmehr zu den Versuchen ein Primär- und ein Sekundärkreis gebildet, dieser mit einem Spiegelgalvanometer und dem einen Selenpräparat unter einer Spannung von 6 Volt

1) Diese Zeitschr. **6**, 37, 1904.

in sich geschlossen, jener, mit dem anderen Selenpräparat an einer unabhängig variablen anderweitigen elektromotorischen Kraft. Sodann sind die Selenpräparate auch umgewechselt worden und ferner die Beobachtungen angestellt, wenn sie sich in gegenseitiger Entfernung von nahezu Berührung bis ungefähr 2 mm befanden, bei gleicher und bei gekreuzter Richtung der Drahtumwicklungen (vgl. oben), sowie einmal während ein Leuchtgasstrom unter (zunächst nicht näher gemessenem) Leitungsdruck die Dose passierte.

Bei Verwendung eines Spiegelgalvanometers, dessen Ausschlag p. Skalenteil ca. 1×10^{-6} Ampère anzeigte, war in keinem Falle mit Sicherheit eine Wirkung zu beobachten, auch als ich die Primärspannung kurze Zeit auf 55 Volt steigerte; hingegen schien ein nicht unwesentlich empfindlicheres Instrument Anzeichen eines Effekts zu geben und zwar, wenn der Primärstrom geschlossen wurde im Sinne einer Stromabnahme für den Sekundärkreis, also einer Widerstandszunahme des dem primären gegenübergestellten sekundären Selenpräparats. Indessen sind im Hinblick immer noch auf die Kleinheit der Wirkungen einstweilen weitere Daten zu sammeln.

Andererseits hatte ich bei der eigenartigen Anordnung der Selenpräparate unerwartet Gelegenheit zu einer Beobachtung, welche vielleicht eine Erklärung birgt der in meiner ersten und zweiten Mitteilung[1]) geschilderten Einwirkungen des stromführenden Selenpräparats auf erstarrte Bromsilbergelatineemulsionen: Als ich die Spannung steigerte, entwickelte sich ein durch die Bohrungen e wahrnehmbarer eigenartiger Geruch, dessen Träger demnach bei den weiteren Untersuchungen dieser Frage nicht übersehen werden darf.

1) Erste Mitteil., d. Zeitschr. **5**, 103, 1904; zweite Mitteil., d. Zeitschr. **5**, 517, 1904. Man vgl. auch die Beobachtungen von van Assche, C. R. **97**, 838, 1883; sowie von Davis, Nature **70**, 506, 1904.

Degerloch, 27. Juli 1905.

(Eingegangen 29. Juli 1905.)

Ein Gutachten von Gauß aus dem Jahre 1849 über die Blitzgefahr.[1])

Von Postrat a. D. Grimme.[2])

Im September 1847 hatten angesehene Firmen in Hamburg unter Beteiligung der städtischen Oberpostdirektion eine Aktiengesellschaft zur Herstellung und zum Betriebe eines elektromagnetischen Telegraphen von Hamburg nach Cuxhaven gegründet. Dieselbe sollte in erster Linie Reedereizwecken dienen, nämlich die Ankunft von Seeschiffen in der Elbmündung melden, um die Entladung in Hamburg zu beschleunigen, außerdem sollte der Telegraph dem Publikum sowohl in Hamburg und Cuxhaven, als auch an den Unterwegsstationen (Stade, Buxtehude usw.) zugängig sein. Der bereits vorhandene optische Telegraph hatte sich wegen der häufigen dichten Nebel als unzulänglich erwiesen.

Die Leitung mußte zum größten Teile über königlich Hannoversches Gebiet geführt werden. Zur Erlangung der hierzu, sowie zur Errichtung der in Aussicht genommenen Stationen im Hannoverschen Lande erforderlichen Konzession wandte die Gesellschaft sich an den Hannoverschen Residenten in Hamburg, Legationsrat Hanbury. Dieser stand dem Unternehmen sehr wohlwollend gegenüber und berichtete unterm 17. September 1847 an das Ministerium des Innern in Hannover so günstig, daß die Einleitung der nötigen Ermittelungen behufs Erwirkung der Entschließung des Königs sofort angeordnet wurde. Gleichwohl gelang es erst nach 5 Monaten, die Konzession auszufertigen. Die Bedingungen waren nicht erschwerend. In der Hauptsache behielt das Ministerium sich das Recht vor, jederzeit die Leitung außer Betrieb zu setzen, sobald das politische Interesse es erfordere oder der Hannoversche Staat eine eigene Telegraphenanlage bauen werde. Im Herbste 1848 war die Leitung betriebsfähig hergestellt und in Benutzung genommen.

Am 22. Juli 1849 berichtete der Landdrost in Stade dem Ministerium des Innern, daß nach einer Anzeige des Amts in Bremervörde während eines heftigen Gewitters am 18. Juli der Blitz die Telegraphenleitung und ein Gebäude im Orte Warstade getroffen habe; das Gebäude, eine mit einem Strohdach versehene, dem Leutnant Müller gehörige Bauernkath, sei niedergebrannt. Das Ministerium setzte Hanbury hiervon in Kenntnis und beauftragte ihn, mit der Aktiengesellschaft ins Benehmen zu treten, um ihre Stellungnahme zu einem zu erwartenden Ersatzanspruche des Müller zu erfahren. Inzwischen hatte ein Techniker der Aktiengesellschaft an Ort und Stelle Erhebungen angestellt. Der Bericht desselben lautete: Die Wetterwolke zog von West nach Ost über das Dorf Warstade hin und traf, nachdem schon zuvor der Kirchturm im Dorfe Drochtersen vom Blitze berührt worden war, zuvörderst einen Telegraphenpfahl westlich nahe vor dem Dorfe, worauf der Blitzstrahl dann, naturgemäß von dem Metalldrahte als guten Leiter gefesselt, nahe an mehreren Strohdachgiebeln vorbei, durch das Dorf eilte, indem derselbe, durch den über-

1) Nach Akten des Kgl. Staats-Archivs in Hannover (Hannover, Designation 12a II, Hamburg I 33a) mitgeteilt.
2) Abdruck nur mit Genehmigung des Verfassers gestattet.

strömenden Regen als relativen Leiter veranlaßt, auf diesem Wege einen Teil seines elektrischen Fluidums an den Pfählen herab in die Erde entlud und hierbei eine Anzahl derselben mehr oder weniger zersplitterte. Der Weg, den diese erste Entladung genommen und daß der Blitz seinen Leiter nicht verlassen, wird aber eben durch die an den Pfählen zurückgelassenen Spuren der Beschädigung genau bezeichnet, wie es denn ja auch sowohl gegen die bewährte Theorie jeder künstlichen Blitzableitung streiten würde, anzunehmen, daß ein Blitzstrahl von dem guten Leiter, dem Metalldraht, auf einen Nichtleiter, ein Strohdach, sollte abgesprungen sein. Indes entlud sich etwa 2000 Fuß von der erstbezeichneten Stelle die Wetterwolke zum anderen Male und traf etwa 60′ abseits der Telegraphenleitung die Kath des Müller, zündete und legte sie in Asche; ferner traf ein dritter Schlag ein Pferd auf der Weide bei Altwöhrden. An der irrigen Annahme der Bewohner von Warstade, der Blitz sei von dem Drahte, der ihn angezogen habe, abgesprungen, sei der bekannte Gegner des Aktien-Unternehmens, der Direktor des optischen Telegraphen, schuld, der die Bauern aufgereizt habe, indem er ihnen gegenüber behauptet hätte, daß lediglich die Drahtleitung den Brand verursacht habe und daß fortgesetzt diese Gefahr bestehe, wenn auch die Aktiengesellschaft erkläre, der Blitz sei bis zur Station Stade durchgelaufen und sei dort durch geeignete Vorkehrungen zur Erde gefahren.

Tatsächlich verlangte das Amt in Bremervörde, dem Antrag der Einwohner entsprechend, die Entfernung oder wenigstens die Verlegung der Telegraphenleitung. Das Ministerium in Hannover gab freilich ohne weiteres dem Antrage keine Folge, sondern entsprach dem Ersuchen der Aktiengesellschaft, in der Angelegenheit ein Gutachten einer hervorragenden Autorität auf dem Gebiete der Elektrizität einzuholen und veranlaßte unter Übersendung der Akten den Geheimen Hofrat Dr. Gauß in Göttingen zur Äußerung über die Blitzgefahr. Wir lassen das Gutachten folgen und bemerken nur noch, daß das Kgl. Ministerium in Hannover auf Grund desselben entschied, von der Verlegung der Telegraphenlinien sei Abstand zu nehmen.

Die Gewittererscheinungen in Warstade am 18. Julius 1849 und die Feuergefährlichkeit galvanischer Telegraphen für benachbarte Gebäude betreffend.

Wenngleich die Akten nicht hinreichen, ein vollkommen entschiedenes Urteil über den ganzen Hergang jener Gewittererscheinungen zu begründen, so muß doch jedenfalls die Annahme, der Brand des Hauses sei durch Abspringen des Blitzes oder eines Teils der denselben bildenden Elektrizität entstanden, für durchaus unzulässig erklärt werden. Dieselbe Überzeugung hat Herr Professor Weber, dem ich die betreffenden Akten zur Durchsicht mitgeteilt habe.

Ich habe keinen Zweifel, daß das Haus von einem Blitze direkt aus der Wolke getroffen ist. Die von dem Baurat Gauß aufgestellte Meinung, daß die Erscheinungen an den Pfählen, welche die Drahtleitung tragen, nur eine sekundäre Wirkung jenes Blitzschlages gewesen seien, ist mir nicht wahrscheinlich, schon wegen ihrer Gewaltsamkeit in so bedeutender Erstreckung, ich glaube vielmehr, daß eine andere Explosion fast gleichzeitig mit derjenigen, die das Haus getroffen, auf die Leitung an der Stelle des Pfahls 18 gefahren und derselben in der östlichen Richtung weiter gefolgt ist. Daß an diesem Pfahl 18 und noch an 13 der folgenden die elektrische Materie teilweise abgesprungen ist (bei jedem einzelnen ohne Zweifel nur durch einen Zwischenraum von ein paar Zoll bis zu dem eisernen Ringe) scheint nur durch den heftigen Regenguß vermittelt zu sein, und ich bin geneigt, zu glauben, daß ohne diese partiellen Schwächungen (die vielleicht sogar noch an einer größeren Anzahl von Pfählen stattgefunden haben, ohne sichtbare Spuren zu hinterlassen) die Explosion in dem Stader Stationshause viel größer und zerstörender gewesen sein würde, als dem Berichte des Landdragoners Zeller zufolge stattgefunden zu haben scheint.

Daß wirklich zwei verschiedene Explosionen erfolgt sind, wird durch die übereinstimmenden Aussagen von Zeugen bestätigt. In dem Berichte des Inspektors Gerke ist sogar noch von einer auch fast gleichzeitigen dritten die Rede, die bei Altwöhrden ein Pferd getroffen habe. Einen Ort Altwöhrden finde ich nicht auf der Papenschen Karte, vielleicht ist Großwöhrden gemeint, aber in Ermangelung aller näheren Kenntnisse von Umständen und Lokalität muß man diese Angabe auf sich beruhen lassen.

Die Entfernung des abgebrannten Hauses von der Telegraphenlinie ist in den Akten sehr ungleich angegeben; in dem Bericht des Landgendarmen Müller II zu 10 Schritt, in den Hamburger Berichten zu etwa 60 Fuß, in dem Protokolle des Oberamtmanns von Reiche sind die Distanzen 83½ Fuß und 68 Fuß angegeben. Vielleicht sind diese Widersprüche nur scheinbar, denn die beiden letzten Zahlen beziehen sich auf die Entfernungen der beiden nächsten Pfähle (wie ich es verstehe, Pfahl 18 und 19) von den ihnen (resp.) nächsten Hausgiebeln, und es wäre daher möglich, daß zwischen diesen und an der Stelle der geringsten Entfernung der Abstand nur 10 Schritte betragen hat. Aber ein Abspringen des Blitzes von einer gesunden metallischen Leitung auf eine so große

und selbst nur eine viel kleinere Entfernung bleibt mit unseren bewährtesten physikalischen Grundsätzen durchaus unvereinbar. Bei alledem würde ich ein so nahes Vorbeigehen, wie infolge der Hamburger Berichte vom 23. und 31. Julius neben mehreren Strohdachgiebeln stattfindet, nämlich bis auf 4 oder 5 Fuß, für völlig gefahrlos zu erklären, nicht wagen; nicht, weil ich die Möglichkeit eines Überspringens besorgte, sondern aus einem ganz verschiedenen Grunde.

Es ist gewiß, daß ein von einem sehr starken Blitze getroffener Leitungsdraht teilweise einer Glühhitze, einer Schmelzung und einem Herabtröpfeln unterworfen werden kann. Einen sehr merkwürdigen Fall dieser Art hatten wir in Göttingen im Herbst 1845. Das magnetische Observatorium und das physikalische Kabinett waren durch einen doppelten Leitungsdraht (schon seit 1834) verbunden, womit die mannigfaltigsten Versuche, auch zum Telegraphieren, (bekanntlich die ersten Versuche dieser Art überhaupt) gemacht sind. Diese Leitung ging in großer Höhe über den Dächern der Häuser hin, auch durch den oberen Teil des Johannisturms. Ein Blitz, der in die Spitze dieses Turms einschlug, fand seine Ableitung in diesem Draht und zwar nach beiden Seiten hin, nordwestlich bis zum physikalischen Kabinet, südöstlich bis zum Entbindungshause, aber auf dieser ganzen Strecke wurden die Drähte vollständig zerstört; sie fielen in größeren oder kleineren Stücken herab, die ersteren an ihren Enden angeschmolzen, die kleinen zum Teil in Gestalt von kleinen Kügelchen. Personen, die die Aussicht auf einen Teil des Trakts hatten, beschrieben das Phänomen wie einen Feuerregen. Von angerichtetem Schaden ist nichts bekannt geworden, als daß einer Dame der Regenschirm und teilweise sogar der Hut — ohne Zweifel durch glühende Eisenpartikelchen — durchgebrannt wurden.

Hätten die Häuser anstatt der Ziegeldächer Strohdächer gehabt, so wären unfehlbar an vielen Stellen Feuersbrünste ausgebrochen und selbst wenn diese Leitung nicht über Strohdächer, sondern nur innerhalb weniger Fuß neben Strohdächern vorbeigegangen wäre, würden diese im Falle eines starken Windes gewiß großer Gefahr ausgesetzt gewesen sein. Ich will noch bemerken, daß die Leitung aus Eisendraht bestand, der zum Schutz gegen das Rosten sorgfältig überfirnißt war. Die Stärke des Drahtes kann ich zwar in diesem Augenblicke nicht genau angeben, aber gewiß kam sie wenigstens der Stärke des Kupferdrahts gleich, welcher bei der preußischen unterirdischen Telegraphenlinie gebraucht wird und wovon eine Probe mir vorliegt.

Es leidet übrigens keinen Zweifel, daß erstlich Ereignisse dieser Art nur als seltene Fälle zu betrachten sind, zweitens, daß die Gefahr des Glühendwerdens, Schmelzens und des Zerstörtwerdens bei Eisendrähten viel größer ist als bei Kupferdrähten von gleicher Stärke (eben weil letztere viel größeres Leitungsvermögen besitzen). In der Tat hat der Draht des Hamburg-Cuxhavener Telegraphen diese Probe siegreich bestanden und bei einem ähnlichen Ereignis am 27. Julius in der Nähe von Braunschweig (nach der Beilage zur Deutschen Reichszeitung vom 1. August) ist der Kupferdraht nur an einer Stelle angeschmolzen und zerrissen. Es scheint wohl, daß die Möglichkeit, schon ein Fall dieser letzten Art könne ein Strohdach entzünden, wenn die noch glühenden Enden eines in der Mitte zerrissenen Drahtes durch einen starken Sturm gegen ein noch nicht durchnäßtes Strohdach getrieben werden, nicht abgeleugnet werden kann, und ein ganz ungewöhnlich starker Blitz könnte vielleicht die Einwirkungen auf einen Kupferdraht dem Göttinger Fall noch näher bringen. — Man kann zugeben, daß eine solche Eventualität nur zu den sehr seltenen gehört und es folglich noch viel unwahrscheinlicher sein wird, daß sie gerade an der Stelle eintrete, wo der Draht in der Nähe eines Strohdaches vorbeigeht. Ich weiß aber nicht, ob der Bewohner eines mit Stroh gedeckten Hauses, an welchem hart ein solcher Draht vorbeigeht, sich durch die Erwägung beruhigt fühlen würde, daß durch letzteren sein Haus nur bei einem ganz außerordentlichen Zusammentreffen unglücklicher Umstände in Brand gesteckt werden könne.

Übrigens bedarf es zur Beurteilung der Entfernung, bis auf welche die Drahtleitung von den Strohdächern versetzt werden müsse, damit die hier zur Sprache gebrachte Gefahr als beseitigt angesehen werden könne, keiner besonderen physikalischen Kenntnisse, und man wird vielleicht, um die Ängstlichen zu beruhigen, lieber noch etwas mehr als zu wenig tun.

Göttingen, den 9. August 1849.

Gehorsamst

Gauß.

(Eingegangen 19. August 1905.)

Über die Veränderung der Elastizitätskonstanten durch Magnetisierung.

Von K. Honda und T. Terada.

1. Einleitung. Die Elastizitätskonstante einer Substanz im Magnetfelde wird in geeigneter Weise definiert als das Verhältnis der angelegten Belastung und der hierdurch verursachten Spannung, und zwar bei konstanter Einwirkung des Magnetfeldes. Die Elasti-

zitätsveränderung ist die Differenz der Werte bei ein- und abgeschaltetem Magnetfelde. Bei ferromagnetischen Substanzen, bei denen die Hysterese beträchtlich ist, kann die so definierte Elastizitätsveränderung (ohne daß dies notwendigerweise der Fall wäre) mit der zusammenfallen, die man erhält, wenn zuerst die Belastung angelegt und hierauf das Magnetfeld eingeschaltet wird. Man scheint aber bisher diesem Punkt wenig Aufmerksamkeit geschenkt zu haben. Bei vielen der bisher unternommenen Versuche [1]) ist die richtige Reihenfolge, in der die Belastung angelegt und das Feld eingeschaltet wird, umgekehrt. Bei einigen Versuchen [2]) wurde die Veränderung des Elastizitätskonstanten aus der Wirkung einer Spannung auf die magnetische Verlängerung abgeleitet, wobei angenommen wurde, daß die Wirkung auf Rechnung der von Magnetisierung herrührenden Elastizitätsveränderung kommt. Die akustische Methode, die mehrere Forscher angewandt haben [3]), ist gleichfalls eine indirekte. Bei dem Versuche von H. Rensing [4]) wurde die Kundtsche Röhre benutzt; das Feld, in dem der Stab angebracht war, war aber keineswegs gleichförmig.

Unsere vorliegenden Versuche wurden hauptsächlich in der Absicht unternommen, die Änderung der Elastizitätskoeffizienten eines und desselben Versuchskörpers sowohl nach der direkten als nach der indirekten Methode zu messen und die so erhaltenen Ergebnisse miteinander zu vergleichen. Die zu untersuchenden Körper wurden stets in einem annähernd gleichförmigen Felde angebracht.

Die bei unseren Versuchen benutzten Substanzen waren Nickel, schwedisches Eisen, Wolframstahl und Nickelstahle von verschiedenen Prozentgehalten. Diese wurden im allgemeinen in der Form von dünnen Drähten dem Versuch unterworfen. Zur Messung der Veränderung der Torsionselastizität wurden bei Nickel und Eisen auch Stäbe benutzt.

Wenn ξ die Spannung eines gegebenen Versuchsstückes, X die angelegte äußere Belastung und H das Magnetfeld ist, so haben wir die Beziehung

$$\frac{\partial}{\partial H}\left(\frac{\partial \xi}{\partial X}\right) = \frac{\partial}{\partial X}\left(\frac{\partial \xi}{\partial H}\right) \qquad (1)$$

vorausgesetzt, daß die Veränderung von der Reihenfolge unabhängig ist, in der das Feld und die Spannung angelegt werden. Dann haben wir

$$\left(\frac{\partial \xi}{\partial X}\right)_H - \left(\frac{\partial \xi}{\partial X}\right)_o = \frac{\partial (\xi_H - \xi_o)}{\partial X}. \qquad (2)$$

Wenn K die Elastizitätskonstante bei derselben Form von Belastung und Spannung ist, so haben wir

$$\frac{\partial \xi}{\partial X} = \frac{c}{K},$$

wo c eine Konstante ist, die von den Dimensionen des Versuchsstückes abhängt.

$$\frac{1}{K_H} - \frac{1}{K_o} = \frac{1}{c}\frac{\partial (\xi_H - \xi_o)}{\partial X} = \frac{\partial (\xi_H - \xi_o)}{\partial X} : K_o \frac{\partial \xi_o}{\partial X}$$

$$\frac{\delta K}{K_H} = \frac{\partial (\xi_H - \xi_o)}{\partial X} : \frac{\partial \xi_o}{\partial X}. \qquad (3)$$

Wenn X die Spannung und ξ die Verlängerung ist, so entspricht K dem Elastizitätsmodul. Die Elastizitätsveränderung läßt sich daher aus der Wirkung der Spannung auf die magnetische Verlängerung berechnen, wenn die Beziehungen (1) und (2) gelten. Wenn ferner X das Torsionsmoment und ξ die Torsion ist, so entspricht K dem Torsionsmodul und dessen Veränderung läßt sich aus der durch Magnetisierung verursachten Torsionsveränderung berechnen, vorausgesetzt, daß (1) und (2) richtig sind. Die Gültigkeit von (3) hängt von der Beziehung (1) ab, die gewöhnlich in der Theorie der Magnetostriktion angewandt wird. Es dürfte daher beträchtliches Interesse verdienen, das Gültigkeitsbereich dieser Beziehungen zu untersuchen.

2. Elastizitätsveränderung durch Magnetisierung. Die Versuchskörper wurden in der Form dünner, gut ausgeglühter Drähte benutzt. Da die auf die Veränderung der Elastizität kommende Verlängerung nur ein kleiner Bruchteil der gesamten Verlängerung ist, war es wünschenswert, eine Differentialmethode ausfindig zu machen. Zu diesem Zwecke wurde die Elastizitätsverlängerung bei ausgeschaltetem Felde durch die eines unmagnetischen Drahtes kompensiert und die auf Rechnung der Magnetisierung kommende Differentialverlängerung beobachtet.

Der zu untersuchende magnetische Draht und der Kompensationsdraht aus Kupfer wurden nebeneinander in der vertikalen Magnetisierungsspule (Fig. 1, cc) aufgehängt. An beide Enden der Drähte war ein dicker Messingstab b angelötet. Die oberen Stäbe hingen besonders an zwei Messing-Querstangen (a, a'), die auf Paaren von Messerschneiden ruhten; die Entfernung letzterer konnte nach Wunsch einge-

1) Guillemin, C. R. **22**, 264 u. 432, 1846. J. S. Stevens u. H. G. Dorsey, Phys. Rev. (2) **9**, 116, 1899. G. Wiedemann, Elektrizität **3**, 796. C. C. Barus, Amer. Journ. **34**, 175, 1887; Phys. Rev. **13**, 257, 1901. Day, Electrician **39**, 480, 1897. J. S. Stevens, Phys. Rev. (3) 10, 111, 1900. K. Honda u. S. Shimizu, Journ. Sc. Coll., Vol. **13**, Art. 12 u. 13, 1902.

2) Tomlinson, Proc. Roy. Soc. **40**, 447, 1886. Bock, Wied. Ann. **54**, 442, 1895; Phil. Mag. (5) **39**, 548, 1895. K. Tangl, Ann. d. Phys. **8**, 34, 1901. K. Honda u. S. Shimizu, loc. cit.

3) Wartmann, Ann. de Chim. et de Phys. **24**, 74, 1848. Treves, C. R. **67**, 321, 1868. Maurain, C. R. **121**, 248, 1895.

4) Rensing, Ann. d. Physik **14**, 363, 1904.

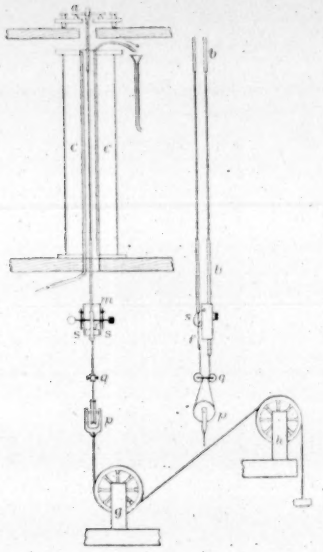


Fig. 1.

stellt werden. An das untere Ende des Kupferdrahtes wurde ein leichter Schlitten (m) für ein Spiegelsystem angeklemmt. Zwei feine Spiralfedern s, s aus Neusilber waren seitlich an diesem Schlitten befestigt und trugen wagerecht die Achse des leichten Spiegels mit geeignetem Gegengewicht. Der untere Stab für den Magnetdraht trug einen biegsamen Streifen f, der aus einem Bündel sehr feiner Kupferdrähte bestand, welche die Achse des Spiegels leicht auf die ebene Vertikalseite des Schlittens drückten. An den unteren Enden dieser Stäbe war eine biegsame Seidenschnur befestigt, und eine an dieser Schnur hängende Rolle wurde senkrecht durch die gewünschte Spannung hinabgezogen, die durch ein System reibungsloser Rollen (g, h) übertragen wurde, womit man einen nachteiligen Stoß beim Belasten und Entlasten vermeiden wollte. Wenn die resultierende Depression der unteren Stäbe, die von der Ausdehnung der Drähte herrührt und die durch eine gewisse Spannung verursachte Krümmung der oberen Querstäbe genau gleich sind, so findet natürlich keine Drehung der Spiegelachse statt. Wenn jedoch die Kompensation irgendwie gestört wird, läßt sich die daraus entstehende Rotation vermittels eines Fernrohres und einer Vertikalskala in gewohnter Weise beobachten.

Die Empfindlichkeit wurde durch Benutzung eines langen Drahtes und großer Skalenentfernung bedeutend erhöht. Sie war ungefähr zehnmal größer als bei vielen früheren Forschern. Die Skala wurde auf Mattglas eingraviert und von hinten vermittels einer mit einem Mantel versehenen Gasflamme beleuchtet.

Die Dimensionen des kompensierenden Kupferdrahtes wurden so gewählt, daß man ungefähr dieselbe Ausdehnung wie bei dem Versuchsobjekt erhielt. Die endgültige Kompensation wurde jedoch stets in der Weise erzielt, daß man die Entfernung der Messerschneiden geeignet einstellte, auf denen die Horizontalstäbe mit den daran hängenden Drähten ruhten. Eine gewisse Spannung wird angelegt und abgeschaltet und die Messerschneiden eingestellt, bis die Einschaltung und Abschaltung keine Rotation des Spiegels hervorruft. Da die elastische Ausdehnung nicht genau eine lineare Funktion der Spannung ist, waren wir gezwungen, die Kompensation bei jeder einzelnen Anfangs- und Zusatzspannung besonders wieder einzustellen.

Die vorliegenden Anordnungen erlaubten es uns, auch die magnetische Verlängerung der Versuchsobjekte bei konstanter Spannung zu messen, indem wir verschiedene Magnetfelder anlegten und die Ablenkungen des Spiegels beobachteten. Aus den auf diese Weise erhaltenen Resultaten läßt sich die Elastizitätsveränderung vermittels Gleichung (3) berechnen. Die so berechneten Veränderungen wurden mit den nach unserer direkten Methode erzielten verglichen.

Da der Hysteresiseffekt der Spannung sich als beträchtlich erwies, wurde die Spannung zyklisch zwischen Null und ihrem Maximalwerte vor Beginn des Versuchs variiert, um jeden Anfangseffekt auszuschalten.

Gewöhnlich verfuhren wir bei den Versuchen in folgender Weise.

Die Längenveränderung wurde zunächst beobachtet. Der Draht wurde zuerst mit dem kleinsten Gewicht, das gewöhnlich 1 Kilogramm betrug, beladen; das Entmagnetisieren wurde sorgfältig ausgeführt. Eine Reihe allmählich zunehmender Stromstärken wurde durch die Magnetisierungsspule hindurchgesandt und die entsprechenden Ablenkungen des Spiegels beobachtet. Der Draht wurde dann vollständig entmagnetisiert. Ein weiteres Gewicht von 1 Kilogramm wurde zugefügt, wieder entmagnetisiert und in ähnlicher Weise aufs neue verfahren.

Hierauf wurde die Elastizitätsveränderung gemessen. Wir legten eine Anfangsbelastung an, entmagnetisierten den Draht, fügten ein Gewicht von 1 kg hinzu, nahmen dasselbe wieder fort und stellten die Kompensation so gut wie gewöhnlich ein. Die Entmagnetisierung wurde hierauf sorgfältig bewirkt. Die kleine Ablenkung, die auf Rechnung des Zusatzge-

wichts bei der Feldstärke gleich Null kam, wurde aufgezeichnet. Hierauf wurde das Magnetfeld angelegt und die durch das Zusatzgewicht hervorgerufene Ablenkung beobachtet. Nach vollständigem Entmagnetisieren wurde die Ablenkung, die auf Rechnung desselben Zusatzgewichts bei einem Felde gleich Null kam, wiederum gemessen. Die Differenz zwischen den Ablenkungen bei Null und bei einer gewissen Feldstärke ergibt die Elastizitätsveränderung in diesem Felde, vorausgesetzt, daß uns die gesamte Verlängerung des Drahtes bekannt ist, die durch dasselbe Zusatzgewicht veranlaßt wird, oder in anderen Worten, falls wir den Elastizitätsmodul kennen.

Um den Elastizitätsmodul der untersuchten Körper zu messen, wählten wir eine besondere Anordnung. Der Draht wurde vertikal mit einer geeigneten Anfangsspannung ausgestreckt. Zwei rotierende Achsen für zwei leichte Spiegel wurden mit dem Draht in der Nähe bezw. des unteren und oberen Endes in Berührung gebracht. Eine Vertikalskala wurde vor dem oberen Spiegel aufgestellt und ihr durch aufeinander folgende Reflektionen an den beiden Spiegeln gebildetes Bild mit einem Fernrohr gegenüber dem unteren Spiegel beobachtet. Die Anfangsspannung wurde von 1 bis 7 kg variiert und die auf eine Zunahme von 100 kg kommenden Ausdehnungen bei jedem Anfangsgewicht beobachtet. Wir fanden, daß die Veränderung des Elastizitätsmoduls mit Bezug auf die Anfangsbelastung bei Nickel sehr beträchtlich, aber bei Wolframstahl sehr klein ist.

Bei der Berechnung der Elastizitätsveränderung durch Magnetisierung wurden die Werte der Moduli bei einem Felde gleich Null den Ergebnissen dieser Versuche entnommen, die verschiedenen Anfangsspannungen entsprachen.

In einer früheren Arbeit von S. Shimizu, S. Kusakabe und einem von uns ist die Elastizitätsveränderung von Magnetstäben nach der Krümmungsmethode gegeben. Es ist von hohem Interesse, diese Ergebnisse mit den nach vorliegender direkten Methode erzielten zu vergleichen, um zu sehen, inwieweit die beiderseitigen Ergebnisse miteinander übereinstimmen. Die Eisen- und Stahldrähte wurden bei unseren Versuchen aus denselben Versuchsstücken wie die Stäbe hergestellt; leider waren jedoch die Nickelproben bei den beiden Versuchen voneinander ganz verschieden, indem der Stab bei dem früheren Versuch magnetisch sehr hart war.

3. Messung der Veränderung der Torsionselastizität durch Magnetisierung.

a) Unsere Methode bestand darin, daß wir den bei verschiedenen Feldstärken magnetisierten Drähten Torsionsschwingungen erteilten und den Torsionsmodul aus den Schwingungsperioden berechneten. Wir benutzten dieselben Drähte wie bei den früheren Versuchen. Der Draht wurde senkrecht in dem gleichförmigen Teile des Feldes in der Magnetisierungsspule aufgehängt. Sein oberes Ende war an einem festen Messingstab angelötet, der oben an den Stahlrahmen geklemmt war. An das untere Ende wurde ein ähnlicher Stab angelötet und an diesem das oszillierende Gewicht befestigt. Um die durch den Widerstand der Luft, durch Foucault-Ströme usw. verursachte Störung auszuschalten, wählten wir die Schwingungsperiode hinreichend lang, zu welchem Zwecke wir ein Gewicht von beträchtlichem Trägheitsmoment benutzten. Die Gewichte waren ein rechtwinkliger Messingstab und verschiedene Bleigewichte. Geeignete Kombinationen dieser Gewichte gestatteten uns, die Schwingungsperioden für die verschiedenen Spannungen geeignet einzustellen. Ein leichter Spiegel wurde an dem unteren Stab befestigt. Das Bild einer Horizontalskala, die vor dieser Anordnung befestigt war, wurde in gewohnter Art mit dem Fernrohr beobachtet. Die Schwingungsamplitude wurde so eingestellt, daß sie bei dem ganzen Versuch so ziemlich dieselbe blieb.

Der Draht wurde zunächst durch Umkehrungen entmagnetisiert; der Nullpunkt der Skala wurde auf die Gleichgewichtsstellung gesetzt; dann schaltete man ein Magnetfeld ein und ging zu den Schwingungen über. Nach der gewöhnlichen Methode der Zeitbeobachtung wurden 10 bis 15 Serien der für 50 vollständige Schwingungen erforderlichen Zeiten gemessen und aus diesen die mittlere Periode berechnet. Wir können das auf diese Weise erzielte Ergebnis als auf eine Tausendstel-Sekunde genau ansehen. Das Verfahren wurde bei verschiedenen Feldstärken und Spannungen wiederholt, wobei der Draht vor Beginn jeder neuen Serie entmagnetisiert wurde.

Die Magnetisierungsspule war mit einem Wassermantel versehen. Jeder Luftzug wurde durch Schirme abgehalten. Die Stromstärke blieb während der ersten Beobachtungsreihe so ziemlich konstant. Die Wirkung der Foucault-Ströme war zu vernachlässigen, wie wir uns durch Schwingungen eines Kupferdrahtes in einem starken Felde überzeugten.

b) Dieselben Versuchsstücke wurden dann weiter nach der von C. Barus benutzten Differentialmethode geprüft, bei der die Drähte zuerst tordiert und dann magnetisiert werden. Der bei unserem Versuch benutzte Kompensationsdraht war ein solcher aus Kupfer, dessen von einem gegebenen Kräftepaar herrührende Anfangstorsion der des Magnetdrahtes in einem Feld gleich Null so ziemlich gleichkam.

Die nach dieser Methode erzielten Ergeb-

nisse wurden mit den nach der Oszillationsmethode erhaltenen verglichen.

c) In einer Arbeit der Herren S. Shimizu, S. Kusakabe und des einen von uns sind die Änderungen der Torsionselastizität ferromagnetischer Stäbe angegeben, die dadurch bestimmt wurden, daß man zunächst die Torsion und hierauf das Magnetfeld anlegte. Um festzustellen, ob die Ergebnisse dieselben sind, wenn die Reihenfolge, nach der die Torsion und das Feld angelegt werden, umgekehrt wird, benutzten wir dieselbe Anordnung wie in dem oben zitierten Versuch. Die wesentlichen Teile der Anordnung blieben ungeändert bis auf das Spiegelsystem. Der rotierende Zylinder, an dem der Spiegel befestigt war, wurde horizontal von zwei schwachen Spiralfedern getragen, die seitlich an einem Schlitten befestigt waren; letzterer ähnelte dem bei unserem Versuch über die Elastizitätsveränderung benutzten. An dem Schlitten war eine Horizontalachse starr befestigt, deren konische Enden in Achatnäpfe an den Armen eines Y-förmigen Stabes eingesetzt waren. Dieser Stab konnte auf die gewünschte Lage eingestellt werden, so daß die Spiegelachse durch die ebene Seite des Schlittens senkrecht auf einen Punkt des Umfanges des mit dem Magnetstabe starr verbundenen Torsionsrades gedrückt wurde.

Um den Druck geeignet einzustellen, wurde ein verschiebbares Gewicht auf eine aus dem Schlitten herausragende Spitze gesteckt. Zwei Vertikalskalen wurden gegenüber dem Spiegel in derselben Vertikallinie angebracht und zwar in einer Entfernung von etwa 1 m übereinander. Ein Anfangs-Kräftepaar wurde angelegt und der Spiegel so eingestellt, daß das Bild der unteren Skala sich mit dem Fernrohr beobachten ließ. Ein geeignetes Gewicht (500 g) wurde hierauf zur Erzielung eines zusätzlichen Kräftepaares gewählt, welches den Stab so weit tordierte, daß bei der entsprechenden Drehung des Spiegels das Bild der oberen Skala gerade in dem Felde des Fernrohres erschien. Die Ablesungen der beiden Skalen die der Entfernung und Zufügung des zusätzlichen Kräftepaares entsprachen, wurden notiert. Hierauf wurde ein Feld angelegt und der Vorgang wiederholt. Die Differenz der Ablenkungen bei einer gewissen Feldstärke und bei einem Felde gleich Null ist das Maß für die diesem Felde entsprechende Veränderung der Torsionselastizität. Die untersuchten Proben waren dieselben wie wie bei dem obenerwähnten Versuch und ihre absoluten Torsionskoeffizienten waren sämtlich bekannt.

Andererseits wurde die gewöhnliche Methode, nach der zunächst das Kräftepaar und hierauf das Feld angelegt wurde, gleichfalls angewandt und die mit den beiden Methoden erzielten Ergebnisse hierauf verglichen.

4. Im folgenden sind die erzielten Ergebnisse kurz zusammengefaßt:

a) Nickel (Fig. 2).

Die Veränderung der Elastizitätskonstanten ist außerordentlich groß und beträgt bei dem Elastizitätsmodul etwa 15 Proz. und bei dem

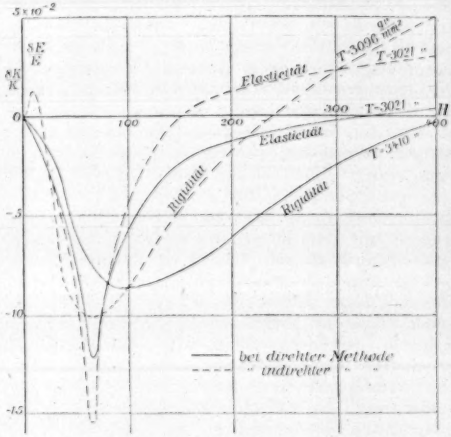


Fig. 2.

Torsionsmodul 7 Proz. Die Elastizitätskonstanten nehmen zunächst ab, gehen durch ein Minimum und nehmen hierauf mit der Feldstärke wieder zu. Der Minimalwert des Elastizitätsmoduls ist ausgeprägter als der des Torsionskoeffizienten. Die Abnahme und Zunahme des Elastizitätsmoduls, die man nach der indirekten Methode feststellt, ist im allgemeinen größer als bei der direkten Methode. Bei der Torsionselastizität ist die nach der indirekten Methode erzielte Veränderung im allgemeinen algebraisch größer als bei der direkten Methode, wenn die Spannung gering ist; positive Werte der Veränderung entsprechen einer Zunahme. Aber für große Spannungen ($T = 3$ kg/mm^2) ist die Beziehung der beiden Ergebnisse dieselbe wie die bei der Elastizitätsveränderung.

Die nach der Biegungsmethode bestimmte Elastizitätsveränderung ist von der mit der direkten Methode erzielten durchaus verschieden; es ist jedoch zu bemerken, daß das Verhältnis der beiden Ergebnisse dem Verhältnis der beiden Ergebnisse für die Torsionsveränderung ähnlich ist, die man nach der direkten und indirekten Methode erzielt.

b) Schwedisches Eisen und Wolframstahl. (Fig. 3.)

Die Elastizitätskonstanten nehmen im allge-

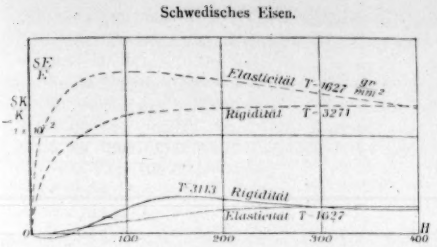


Fig. 3.

meinen durch Magnetisierung zu. Der Betrag der Veränderung nach der direkten Methode ist sehr gering und beträgt kaum 0,5 Proz. im Maximum. Die nach der indirekten Methode erhaltenen Werte sind mehreremals größer als die nach der direkten Methode erzielten. Von Interesse ist es, daß die Veränderung der Zug- und Torsionselastizität so ziemlich identisch ist und zwar nicht nur dem Allgemeinverhalten nach, sondern auch in den numerischen Werten. Die Elastizitätsveränderung nach der Biegungsmethode gleicht dem allgemeinen Verhalten nach der nach der direkten Methode erzielten Veränderung, ist aber weit größer als diese.

c) Nickelstahl (28,74 Proz.).

Die Elastizitätskonstanten nahmen durch Magnetisierung in sehr geringem Maße zu. Die Ergebnisse nach der direkten und indirekten Methode fallen bei mäßiger Spannung fast zusammen.

d) Nickelstahl (50,72 Proz. und 70,32 Proz.) (Fig. 4).

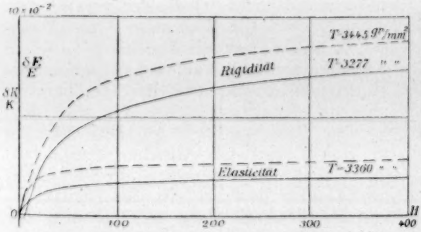


Fig. 4.

Die Elastizitätskonstanten nehmen im allgemeinen durch Magnetisierung zu, ausgenommen bei sehr geringen Feldwerten, bei denen sie eine geringe Abnahme bei geringer Spannung zeigen. Sie nehmen mit der Feldstärke schnell zu und erreichen bald die asymptotischen Werte, die bei beiden Versuchsstücken von beträchtlicher Größe sind und fast der Veränderung bei Nickel gleichkommen. Die indirekten Ergebnisse sind im allgemeinen größer als die direkten; der Unterschied nimmt jedoch mit zunehmender Spannung ab. Bei einer Spannung von mehreren Kilogramm verschwindet er fast vollständig. Die Änderung der Torsionselastizität scheint im allgemeinen größer als die der Zugelastizität zu sein.

Bei allen Versuchsstücken besteht die Wirkung des Ausglühens darin, daß der Betrag der Veränderung erheblich vergrößert wird.

Nach den oben angegebenen Resultaten ist es augenscheinlich, daß Gleichung (3), die wir in einem früheren Teile vorliegender Arbeit gegeben haben, auch nicht einmal annähernd gültig ist, so daß man Gleichung (1) bei allen genauen Betrachtungen nicht ohne weiteres benutzen kann.

Bei dem Problem der Magnetostriktion sind viele ähnliche Erscheinungen zu erwähnen. Es ist bekannt, daß die Magnetisierungsveränderung, die man durch Ziehen eines magnetisierten Drahtes erhält, mit der aus den Resultaten entnommenen Änderung, die man durch Magnetisierung desselben mit verschiedenen konstanten Spannungen ausgedehnten Drahtes erzielen würde, nicht übereinstimmt. Ähnliche Erscheinungen beobachtet man auch an der Magnetisierungsveränderung, die auf Rechnung der Torsion kommt. Ferner können wir den Fall der Magnetisierung eines von elektrischen Strömen durchflossenen Drahtes erwähnen. Die Magnetisierungsveränderung durch einen Längsstrom ist, wenn der stromdurchflossene Draht magnetisiert wird, beträchtlich größer als dann, wenn man den Strom durch einen magnetisierten Draht hindurchschickt.[1]) Nehmen wir ferner den Fall des Wiedemannschen Effektes. Es ist bekannt, daß bei Eisen und Nickel die durch Magnetisieren des stromdurchflossenen Drahtes erzeugte Torsion im allgemeinen kleiner ist als die Torsion, die man durch Hindurchsenden des Stromes durch den magnetisierten Draht erhält. Der Unterschied ist beträchtlich; in einigen Fällen[2]) ist erstere mehreremals kleiner als letztere. Bei Nickelstahl[2]) ist der Unterschied im allgemeinen sehr gering. Diese Erscheinungen scheinen mit den durch die vorliegenden Untersuchungen an den Tag gebrachten eng verknüpft zu sein. Alle diese Abweichungen, auch der Fall der Elastizitätskonstanten im Magnetfelde, dürften vielleicht von der Hysteresiswirkung des Magnetismus herrühren, d. h. der Endzustand einer magnetischen Substanz würde je nach der verschiedenen Reihenfolge, in der man die Feldstärken oder das Feld und die Spannung anlegt, verschieden sein.

Schließlich können wir bemerken, daß, da die Veränderung der Elastizitätskonstanten durch Magnetisierung nicht so klein ist, wie

1) K. Honda, Journ. Sc. Coll. 11, 1899.
2) K. Honda, Ibid., 18, Art. 14.

man allgemein annimmt, bei jeder Theorie der Magnetostriktion, die nach einer quantitativen Übereinstimmung zwischen Theorie und Versuch strebt, die Veränderungen notwendigerweise in Betracht gezogen werden müssen. Hierdurch wird die Entwicklung der Theorie sehr schwierig. Außerdem kann eine Gleichung wie

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial Q}{\partial y}\right) = \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right),$$

bei der Q eine Größe ist, die von zwei anscheinend unabhängigen Variablen x, y abhängt, in der auf den Magnetismus bezüglichen Theorie nicht ohne weiteres benutzt werden, ohne daß man sie durch das Experiment bestätigt.

Nebenbei dürfte eine weitere Bemerkung nicht unangebracht sein. Wenn wir X in Gleichung (1) als die Temperatur t ansehen und ξ als die Wärmeausdehnung, so haben wir

$$\alpha_H - \alpha_0 = \frac{\partial \xi_H}{\partial t}$$

wo α_H und α_0 die Koeffizienten der Wärmeausdehnung bezw. bei den Feldstärken H und Null und ξ_H die magnetische Ausdehnung bei der Feldstärke H sind. Die Veränderung des Wärmeausdehnungskoeffizienten durch Magnetisierung ist daher dem Temperaturkoeffizienten der magnetischen Ausdehnung gleich, wenn die Beziehung (3) in diesem Falle gilt. Die Werte von $\frac{\partial \xi_H}{\partial t}$ lassen sich daher aus dem Versuch des Herrn S. Shimizu und des einen von uns [1]) ableiten. Die auf diese Weise berechnete Veränderung des Koeffizienten der Wärmeausdehnung ist in den Figuren 5, 6 und

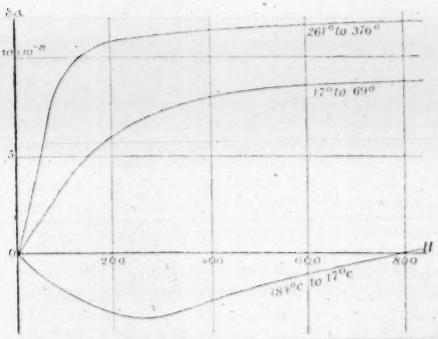


Fig. 5.

7 angegeben. Die Kurven ergeben die mittlere Variation des Koeffizienten durch Magnetisierung innerhalb des Temperaturbereichs, der in den Figuren für jede Kurve gegeben ist. Jeder

1) K. Honda u. S. Shimizu, Journ. Sc. Coll. **19**, Art. 10, 1904.

Weiches Eisen.

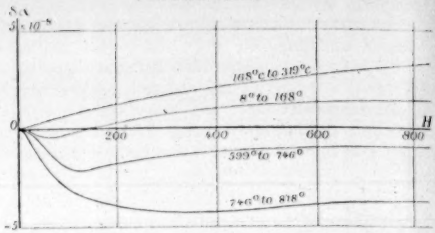


Fig. 6.

Gußkobalt.

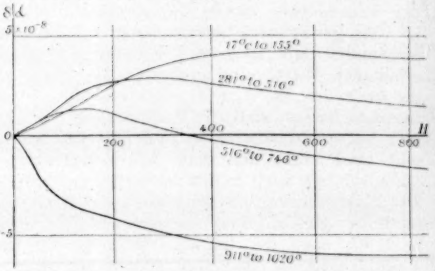


Fig. 7.

Versuch zur Bestimmung der Veränderung des Wärmeausdehnungskoeffizienten durch Magnetisierung, bei dem die Ausdehnung in konstanten Magnetfeldern direkt beobachtet wird, muß willkommen geheißen werden, weil er für den entsprechenden Vergleich ein Gegenstück liefert.

Wenn wir dann in (1) die Temperatur t an Stelle von H und die Spannung T für X einsetzen, so erhalten wir die Beziehung zwischen der Spannungswirkung auf den Koeffizienten der Wärmeausdehnung und der Temperaturwirkung auf den Elastizitätsmodul, wie diese bereits von Dahlander [1]) gegeben ist. In diesem Falle wird die Gleichung sehr annähernd erfüllt. Bei Problemen, die sich nicht auf Magnetismus beziehen, ist der Hysteresiseffekt im allgemeinen klein, so daß man die Übereinstimmung wohl erwarten dürfte.

Die Wirkung der hydrostatischen Drucke läßt sich auch als Funktion des Temperaturkoeffizienten der Kompressibilität geben, wenn man ξ als Volumen ansieht. Dieselbe Überlegung läßt sich auf viele andere ähnliche Fälle anwenden.

1) Dahlander, Pogg. Ann. **145**, 147, 1872.

Physikalisches Laboratorium der Kais. Universität zu Tokio, 10. Juli 1905.

(Aus dem Englischen übersetzt von Alfred Gradenwitz.)

(Eingegangen 14. August 1905.)

Mitteilungen aus dem physikalischen Institut der Universitat Pisa. (Direktor A. Battelli.)

Nr. 23[1]: **L. Magri: Der Brechungsindex der Luft in seiner Beziehung zu ihrer Dichte.**

In vorliegender Untersuchung habe ich mir die Aufgabe gestellt, den Brechungsindex der Gase zu bestimmen, und an dieser Stelle will ich die Ergebnisse darlegen, die ich an Luft bei hohen Drucken und hoher Temperatur erhalten habe.

Zu diesem Zwecke habe ich einen Apparat zusammengestellt, der mir die Messung des Brechungsindex und der Dichte der Gase gestattet hat. Ich werde beide Teile dieses Apparates kurz beschreiben.

Die Messung der Indices. Ich habe ein solides Jaminsches Refraktometer benutzt, das die beiden interferierenden Strahlen um ungefähr 2 cm voneinander trennte. In den Weg dieser Strahlenbündel war das die komprimierte Luft enthaltende Gefäß eingeschaltet.

Bei den vorliegenden Bestimmungen benutzte ich zwei derartige Gefäße von verschiedener Länge; sie haben die in Figur 1 dargestellte

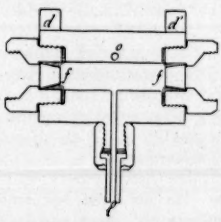


Fig. 1.

Form. In einer quadratischen Stahlplatte von ungefähr 3 cm Seitenlänge ist eine Öffnung f, f' von 1 cm Durchmesser angebracht, in die man vermittels des seitlichen Rohransatzes l die komprimierte Luft eindringen läßt. Die ersten Teile dieser Öffnung sind durch zwei mit Schraubengängen versehene Stopfen geschlossen, in die vermittels Marineleim zwei konische Ansätze aus Flintglas eingekittet sind; diese sind von zwei planparallelen Flächen begrenzt. Der Durchmesser der kleineren Grundfläche dieser Kegel beträgt 1 cm und die Länge eines jeden Pfropfens 1,5 cm.

Um die an den interferierenden Strahlen, die das Gefäß von der Einführungsstelle dieser Pfropfen an durchqueren, hervorgebrachte Verzögerung zu kompensieren, habe ich neben dem Pfropfen auf einer Seite des Prismas noch zwei Flintglaswürfel d, d' angebracht, welche dieselbe Dicke und denselben Brechungsindex besitzen.

Um die Temperatur des Gefäßes und daher auch die der in ihm enthaltenden Luft zu erhalten, habe ich in O eine Öffnung angebracht, durch die man ein Thermometer einführen kann.

Im folgenden sind die genauen Dimensionen der beiden Gefäße bei einer Temperatur von 15° C angegeben.

Gefäß Nr. 1.

Länge der Luftkammer	0,6691 cm
Gesamtdicke der beiden Pfropfen	2,9902 „

Gefäß Nr. 2.

Länge der Luftkammer	1,7852 cm
Gesamtdicke der beiden Pfropfen	2,9902 „

Die beiden Gefäße differieren voneinander nur in bezug auf den Stahlblock. Die Flintkegel, die in ihre Schraubengänge eingekittet sind, waren dieselben und konnten unabhängig voneinander angebracht werden.

Um die Messung der Veränderung der Brechung in Gasen nach dieser Methode sorgfältig auszuführen, muß man den Formveränderungen Rechnung tragen, die das Gefäß infolge des Druckes erfährt. Diese Formveränderungen bestehen in der Verlängerung und der Kompression der Flintpfropfen.

Ich habe genaue Messungen zur Bestimmung dieser Verlängerung der Pfropfen angestellt; diese hat sich für beide benutzten Gefäße als gleich und sehr klein erwiesen und betrug 0,0009 pro 200 Atmosphären. Der Wert der Korrektion wegen der Zunahme des Index beim Flintglase, aus dem die Pfropfen bestehen, und wegen ihrer Verkürzung, kann bestimmt werden, indem man die Brechungsindices der Luft mit den beiden Gefäßen nacheinander vermittels der Formel

$$\triangle = \frac{e'f - ef'}{f' - f} \qquad (1)$$

bestimmt, wo $\triangle$ die zu dem Betrage der Längen e, e' der Gefäßkammern hinzuzufügende Größe und f, f' die Zahl der bezw. bei den beiden Gefäßen für dieselbe Druckveränderung hindurchgehenden Strahlen bedeutet.

Messung der Dichten. Der Apparat zur Messung der Dichten besteht aus einem Stahlzylinder von etwa 20 cm Länge und 3 cm Durchmesser, in dessen Innerem (Fig. 2) eine Kammer e angebracht ist, die gleichfalls zylindrisch ist und 9 cm in der Länge und 0,5 cm im Durchmesser mißt.

Sie läuft an beiden Enden in zwei kleine Öffnungen aus, die mit den beiden Hähnen r, r' vollständig dicht geschlossen werden können. Der Hahn r dient zur Herstellung und Unterbrechung der Verbindung zwischen der Kammer und dem Behälter, in dem sich das komprimierte Gas befindet, dessen Dichte bestimmt werden soll; der Hahn r' besorgt die Verbindung mit dem Glasbehälter b. Der Bequemlichkeit der Konstruktion wegen wurde das

1) Nr. 22: diese Zeitschr. **6**, 161, 1905.

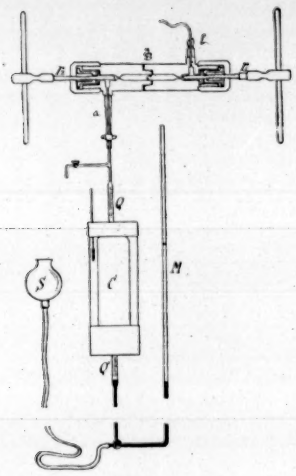


Fig. 2.

Stahlstück aus zwei Teilen hergestellt, die man zusammenschrauben kann, wie es die Figur zeigt.

Der feste Schluß war vermittels eines dünnen Ebonitringes g erzielt.

Der Behälter C, in dem sich das in der Kammer c enthaltene Gas ausdehnte, war eine recht kräftige zylindrische Röhre von etwa 50 cm Länge und etwa 6 cm Durchmesser. Die Zunahme an Rauminhalt, die dieser Zylinder infolge des Druckes erfuhr, war durchaus zu vernachlässigen, da sie bei Drucken von 1 m Quecksilbersäule 0,5 : 10000 des Gesamtvolumens betrug.

An den Zylinder selbst waren zwei Glasröhren Q, Q' von ungefähr 1 cm innerem Durchmesser gekittet, welche über ein gewisses Bereich hin eingeteilt waren.

Der obere Röhrenansatz war an den Dichtigkeitsmesser vermittels einer ähnlichen Verbindung, wie sie Regnault benutzt hat, angesetzt und trug einen Glashahn, mit dessen Hilfe man die in C enthaltene Luft ausströmen lassen und geeignete Luftverdünnung herstellen konnte.

Der untere Röhrenansatz (der ungefähr 80 cm lang war) war mit einem Dreiweghahn verbunden, der nach Belieben die Verbindung zwischen dieser Kammer C, dem Quecksilberbehälter S und der Manometerröhre M herstellte; letztere besaß denselben Durchmesser wie der Röhrenansatz Q'.

Der Behälter S wurde von einem vertikal verschiebbaren Ständer getragen, der mit einer Schraubbewegung für kleine Verschiebungen versehen war. Der Zylinder C war seinerseits in ein Wasserbad gesenkt, in das ein Thermometer tauchte. Der Stahlblock war schließlich von einem Eisenmantel umgeben, der mit Quecksilber gefüllt war. In dieses Quecksilber tauchte auch ein zweites Thermometer.

Die Messung wurde folgendermaßen ausgeführt:

Man schloß den Hahn r' und öffnete den Hahn r, so daß die Kammer C sich mit Luft von demselben Druck, wie die in dem Versuchsgefäß enthaltene füllte. Unterdessen brachte man den Röhrenansatz Q', den Thermometerbehälter M und den Quecksilberbehälter S vermittels des hierfür bestimmten Dreiweghahnes miteinander in Verbindung.

Hierauf verschob man den Behälter S, bis das Quecksilber in Q' an eine bestimmte Teilung heranreichte, die während des ganzen Verlaufs der Versuche stets dieselbe blieb. Mit einem vorzüglichen Kathetometer, dessen Nonius den 50. Teil eines Millimeters gab, las man die Niveaudifferenz zwischen dem Quecksilber in Q' und in M ab. Diese Niveaudifferenz wurde zu dem barometrischen Druck hinzugefügt oder von ihm abgezogen und gab dann den Druck h, der in C vor dem Einlassen der Luft aus c herrschte.

Hierauf schloß man den Hahn r und öffnete langsam r'; dann wartete man, bis das Druckgleichgewicht zwischen Z und c hergestellt war und verschob hierauf wiederum den Behälter S, bis das Quecksilber in Q' an dieselbe Teilung wie vorher heranreichte.

Nachdem das Gleichgewicht vollständig hergestellt war, las man die Niveauveränderung des Quecksilbers ab; diese wurde zum atmosphärischen Druck hinzugefügt und ergab dann den Wert des Druckes H der in den Kammern C und c enthaltenen Luft.

Nun wollen wir der Einfachheit halber annehmen, daß C und c sich auf derselben Temperatur befinden und daß V und v ihre Volumina seien; wenn wir die Dichte der Luft bei 0^0 und 76 cm gleich 1 setzen, so erhalten wir für die Dichte x der in c komprimierten Luft die Beziehung

$$x = \frac{V+v}{v} \cdot \frac{1}{76(1+\alpha t)} H - \frac{V}{v} \cdot \frac{1}{76(1+\alpha t)} h. \quad (2)$$

Die zu bestimmenden Faktoren sind also:
das Volumen v;
das Volumen V;
die beiden Drucke H und h;
die Temperatur von C und c.

Ich habe v wiederholt mit größter Sorgfalt gemessen, indem ich es von dem Gewicht des bei 0^0 in der Kammer c enthaltenen Quecksilbers abzog und habe mich durch den Versuch davon überzeugt, daß die Formveränderungen, die der Stahlblock infolge des Druckes

erleidet, zu vernachlässigen sind; als seinen kubischen Ausdehnungs-Koeffizienten habe ich den Wert 0,0000333 angenommen.

In derselben Weise habe ich den Wert des Volumens der Ausdehnungskammer und der beiden eingeteilten Bereiche Q, Q' erhalten, deren Kalibrierung mir die Möglichkeit gab, mit Leichtigkeit das Volumen der Verbindungsröhren zwischen Q und dem Stahlblock zu bestimmen, indem ich vermittels der Manometerröhren M die Drucke maß, die eine bestimmte Menge trockene Luft erfuhr, die zwischen Q und dem Hahn r eingeschlossen war und deren Volumen ich um Beträge variierte, die ich vermittels der Einteilung von Q feststellen konnte.

Als kubischen Ausdehnungs-Koeffizienten des Glases nahm ich den Wert

$$0{,}00002649$$

an.

Zur Kenntnis von H und h genügte es, den atmosphärischen Druck, die Unterschiede im Quecksilberniveau zwischen Q' und der Barometerröhre M und die Temperaturen des Quecksilbers und des Kathetometers zum Zwecke der notwendigen Korrektionen zu messen.

Das Maß der Temperaturen von C und c war von zwei guten Thermometern gegeben; das eine war von Baudin und das andere von Golaz. C und c befinden sich fast niemals auf derselben Temperatur, aber differieren stets um Beträge, die im Maximum 1^0 erreichen.

Der Wert von x, der durch die Formel (2) gegeben wird, ist der der Luftdichte in dem Stahlblock von der Temperatur t'; um den Wert der Dichte in dem Gefäß des Refraktometers zu erhalten, das sich auf der Temperatur t'' befindet, genügt es, ihn von dem Werte x vermittels der Formel

$$D = x\,\{1 - \beta\,(t' - t'')\}$$

abzuziehen.

Für die Werte von β habe ich die Tabellen von Regnault und von Amagat benutzt.

Verlauf der Versuche: Die Interferenzstreifen wurden vermittels eines guten Fernrohres beobachtet. Das Gefäß und der Dichtenmesser wurden vermittels Kupferröhren miteinander und mit einem festen Stahlbehälter von etwa 3 Litern Rauminhalt verbunden, dessen Zweck es war, die Druckveränderungen langsam und regelmäßig zu gestalten, wenn man die komprimierte Luft einströmen oder ausströmen ließ; dies konnte man mit der größten Leichtigkeit vermittels zweier Hähne ausführen, die der Beobachter der Streifen zur Hand hatte.

Die Luft wurde durch eine Säule gelöschten Kalkes hindurchgeblasen und in einem weiten Behälter auf 200 Atmosphären komprimiert; von dort aus gelangte sie nach den Apparaten und passierte dabei eine Säule von Pottasche, in der sie getrocknet wurde und die letzten Spuren von Kohlensäure verlor. Die Versuche wurden bei wachsenden Drucken ausgeführt

Tabelle I. Kleines Gefäß.

Durchschnittstemperatur	D	n	$K\frac{n-1}{d}$	$\frac{n^2-1}{d}$	$\frac{n^2-1}{n^2+1}\frac{1}{d}$
0^0	1,	1,0002929	5,364	0,0005859	0,0001953
14,6	14,84	1,0004338	5,349	0,0005859	0,0001947
14,2	28,58	1,0008385	5,385	0,0005815	0,0001957
14,3	42,13	1,01241	5,393	0,0005927	0,0001959
14,3	55,72	1,01643	5,401	0,0005946	0,0001960
14,4	69,24	1,02044	5,406	0,0005965	0,0001961
14,4	82,65	1,02440	5,405	0,0005977	0,0001960
14,5	96,16	1,02842	5,410	0,0005995	0,0001961
14,5	109,56	1,03242	5,417	0,0006014	0,0001962
14,5	123,04	1,03633	5,406	0,0006013	0,0001956
14,6	136,21	1,04027	5,413	0,0006032	0,0001957
14,8	149,53	1,04421	5,413	0,0006044	0,0001956
14,9	162,76	1,04818	5,415	0,0006063	0,0001957
14,9	176,27	1,05213	5,420	0,0006070	0,0001954

Tabelle II. Großes Gefäß.

Durchschnittstemperatur	D	n	$K\frac{n-1}{d}$	$\frac{n^2-1}{d}$	$\frac{n^2-1}{n^2+1}\frac{1}{d}$
$16{,}3^0$	16,67	1,004877	5,354	0,0005866	0,0001949
16,3	32,12	1,009429	5,380	0,0005899	0,0001954
16,7	47,52	1,01401	5,396	0,0005938	0,0001961
16,2	62,92	1,01856	5,402	0,0005954	0,0001960
16,5	78,29	1,02311	5,403	0,0005972	0,0001960
16,6	93,64	1,02767	5,410	0,0005992	0,0001960
16,6	108,97	1,05221	5,413	0,0006007	0,0001960
16,8	124,30	1,03673	5,407	0,0006018	0,0001957
16,7	139,60	1,04128	5,405	0,0006036	0,0001957
16,9	154,78	1,04578	5,415	0,0006051	0,0001956

und die Ablesungen in Zwischenräumen von je 50 oder 150 Streifen vorgenommen, je nachdem es sich um das kleine oder das große Gefäß handelte.

Ich habe die Versuche bei dem Lichte eines Quecksilberbogens im Vakuum ausgeführt; dieses entsprach einer Wellenlänge von 0,5461 μ.

Die Ergebnisse, die die Mittelwerte von verschiedenen Versuchsreihen darstellen, sind in den vorstehenden Tabellen zusammengefaßt.

Schlußfolgerungen. Die hier angegebenen Resultate beweisen, daß der Brechungsindex von Luft unter dem Einflusse des Druckes schneller zunimmt als es der Formel $\frac{n-1}{d}$ = const. entsprechen würde und auch noch schneller als entsprechend $\frac{n^2-1}{d}$ = const., während der Ausdruck $\frac{n^2-1}{n^2+1}\frac{1}{d}$ sich so ziemlich konstant zu erhalten scheint, wenn wir die unterhalb von 30 Atmosphären erhaltenen Werte ausnehmen, die keine große Genauigkeit für sich beanspruchen können, weil bei den kleinen Drucken der Dichtenmesser keine große Empfindlichkeit besaß.

(Aus dem Italienischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 16. August 1905.)

Neue Berechnung einer aplanatischen Brenn- und Beleuchtungslinse.

(Bemerkung zu der Arbeit des Herrn W. Pscheidl.[1])

Von Josef Petri.

In Nummer 16 dieser Zeitschrift teilt Herr Pscheidl mit, daß eine plankonvexe Linse, deren gekrümmte Fläche ein Rotationshyperboloid darstellt, als Brenn- und Beleuchtungslinse Verwendung finden kann und soll.

Zu den Ausführungen des Herrn Pscheidl möchte ich bemerken, daß auf gleiche Weise, wie die erwähnte Linse, auch die plankonkave Linse, deren gekrümmte Fläche ein Rotationsellipsoid ist, in Betracht kommen kann; und dann möchte ich diesem hinzufügen, daß nur unter bestimmten Bedingungen bezüglich des Brechungsindexes bei Linsen obiger Formen aplanatische Brechungen erfolgen können.

Bei einer beliebigen Rotationsfläche zweiter Ordnung, welche durch Rotation eines Kegelschnittes um seine Achse gebildet ist, sei ϱ der Krümmungsradius des Hauptnormalschnittes des Inzidenzpunktes, N sei die Normale des Einfallspunktes, und ϵ_1 bedeute den Winkel, welchen die Normale N mit dem Radiusvektor bildet. Dann hat folgende Gleichung Gültigkeit:

$$N - \varrho \cdot \cos \epsilon_1{}^2 = 0. \qquad (1)$$

Diese Newtonsche Relation, welche von Matthiessen bewiesen worden ist[1]), führt zu nachfolgendem Ergebnis, dessen Ableitung hier zu weit führen würde: Wenn bei einer beliebigen Rotationsfläche zweiter Ordnung ein gebrochenes Strahlenbündel eines sehr entfernten leuchtenden Punktes durch einen Fokus geht, so ist die Brechung aplanatisch.[1]) Dieser Satz ist allgemein gültig, betrifft also nicht nur das Hyperboloid, sondern auch das Rotationsellipsoid; zu demselben Resultat ist auch Descartes[2]) durch geometrische Betrachtungen gelangt, welche analog denjenigen, die von Herrn Pscheidl bezüglich der Hyperbel angegeben wurden, für die Ellipse angestellt worden sind, so daß also auch eine entsprechende Linse, deren eine Seite eine gerade Fläche ist, und deren andere in diesem Falle konkave Seite ein Rotationsellipsoid darstellt, ebenso wie die von Herrn Pscheidl beschriebene Linse zu Brenn- und Beleuchtungszwecken verwendet werden kann.

Ferner ist der Gebrauch obiger Linsen zu den erwähnten Zwecken von ihrer Beschaffenheit abhängig, wie auch Herr Pscheidl angegeben hat, daß die Linsensubstanz einen Brechungsexponenten haben muß, welcher gleich ist $H\mathfrak{Y} : DK$. Wie bei der Hyperbel, so werden auch bei der Ellipse die aus unendlich weiter Entfernung kommenden, also parallel einfallenden Strahlen, nach dem vom Inzidenzpunkt entfernteren Brennpunkte hin gebrochen und zwar unter der Bedingung, daß bei der Hyperbel der Brechungsindex gleich ist dem Quotienten aus der Exzentrizität und der halben großen Achse, und daß bei der Ellipse der Brechungsindex gleich ist der halben großen Achse, dividiert durch die Exzentrizität. Analytisch läßt sich dies folgendermaßen beweisen:

Für den Krümmungsradius des Oskulationskreises einer Kurve besteht die Gleichung

$$\varrho = \frac{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}}. \qquad (2)$$

Die Scheitelgleichung der Ellipse lautet

$$x^2 - 2ax + \frac{a^2}{b^2}y^2 = 0 \qquad (3)$$

(Hyperbel: $x^2 - 2ax - \frac{a^2}{b^2}y^2 = 0$).

1) Diese Zeitschr. **16**, 511, 1905.

1) L. Matthiessen, Über die Bedingungsgleichungen der aplanatischen Brechung von Strahlenbündeln in beliebigen krummen Oberflächen. Ann. d. Phys. **9**, 691, 1902.

2) Descartes, La Dioptrique, Discours huitième, Leyde, 1637.

Hieraus resultiert

$$y = \frac{b}{a}(2ax - x^2)^{1/2}. \qquad (4)$$

Man differentiiert diese Gleichung und erhält

$$\frac{dy}{dx} = \frac{b}{a}\frac{a-x}{(2ax-x^2)^{1/2}} \qquad (5)$$

und hieraus

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = \frac{b^4}{a^4}\frac{(a-x)^2}{y^2}. \qquad (6)$$

$$\left(\text{Hyperbel: } \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = \frac{b^4}{a^4}\frac{(x-a)^2}{y^2}.\right)$$

Durch zweimaliges Differentiieren der Gleichung (4) erhält man

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{b}{a}\frac{\frac{a^2}{b^2}y^2 + (a-x)^2}{\left(\frac{a^2}{b^2}y^2\right)^{3/2}}. \qquad (7)$$

$$\left(\text{Hyperbel: } \frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{b}{a}\frac{\frac{a^2}{-b^2}y^2 + (x-a)^2}{\left(\frac{a^2}{-b^2}y^2\right)^{3/2}}\right).$$

Die Werte für $\left(\frac{dy}{dx}\right)^2$ und für $\frac{d^2y}{dx^2}$ setzt man in die Gleichung (2) ein, und man erhält nach vielfachen Umformungen

$$\varrho = \frac{[y^2(a^2-b^2)+b^4]^{3/2}}{ab^4}. \qquad (8)$$

$$\left(\text{Hyperbel: } \varrho = \frac{[y^2(a^2+b^2)+b^4]^{3/2}}{ab^4}.\right)$$

Die allgemeine Gleichung der Normalen lautet

$$N = y\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}. \qquad (9)$$

Setzt man in dieselbe die entsprechenden Werte für die Ellipse (resp. Hyperbel) ein, so resultiert

$$N = y\sqrt{1 + \frac{b^4}{a^4}\frac{(a-x)^2}{y^2}},$$

und die weitere Entwicklung der Gleichung ergibt

$$a^2N^2 = y^2(a^2-b^2) + b^4. \qquad (10)$$

$$(\text{Hyperbel: } a^2N^2 = y^2(a^2+b^2) + b^4.)$$

Aus dieser Relation setzt man a^2N^2 für die gleichen Werte in (8) ein, und man erhält

$$\varrho = \frac{a^2N^3}{b^4}. \qquad (11)$$

Aus der Gleichung (1) folgt

$$\cos\varepsilon_1{}^2 = \frac{N}{\varrho} = 1 - \sin\varepsilon_1{}^2.$$

Weiter ist, wenn ε_2 den Einfallswinkel bedeutet,

$$\sin\varepsilon_2 = \frac{y}{N}. \qquad (12)$$

Dann ist

$$n = \frac{\sin\varepsilon_2}{\sin\varepsilon_1} \quad \left(\text{Hyperbel: } n = \frac{\sin\varepsilon_1}{\sin\varepsilon_2}\right)$$

$$= \frac{\frac{y}{N}}{\sqrt{1 - \frac{N}{\varrho}}} \quad \left(\text{Hyperbel: } n = \frac{\sqrt{1 - \frac{N}{\varrho}}}{\frac{y}{N}}\right)$$

$$= \frac{a}{\sqrt{a^2 - b^2}} = \frac{a}{e}.$$

$$\left(\text{Hyperbel: } n = \frac{\sqrt{a^2+b^2}}{a} = \frac{e}{a}.\right)$$

Bezeichnet man die numerische Exzentrizität mit $\varepsilon = \frac{e}{a}$, so ist also

$$n = \frac{1}{\varepsilon} \quad (\text{Hyperbel: } n = \varepsilon).$$

Soll nun die plankonkave oder plankonvexe Linse als Brenn- oder Beleuchtungslinse gebraucht werden, so muß der Brechungsexponent der betreffenden Linsensubstanz der obigen Größe entsprechen.

(Eingegangen 25. August 1905.)

Bemerkung zu einer Arbeit des Herrn K. Schaposchnikow über: „Eine empirische Beziehung zwischen den Dichten zweier Flüssigkeiten.“[1])

Von Carl Forch.

Herr K. Schaposchnikow hat kürzlich folgende empirische Beziehung zwischen den Dichten zweier Flüssigkeiten besprochen: Sind T_k und T_k' die kritischen Temperaturen zweier Flüssigkeiten, so gilt für Temperaturpaare T und T', die durch die Bedingung $T - T_k = T' - T'_k =$ konst. festgelegt sind, die Beziehung

$$\delta = n \cdot \delta' + b,$$

wobei δ bezw. δ' die Dichten bei T bezw. T' und n sowie b Konstante für das betreffende Paar Flüssigkeiten bedeuten.

Bezeichnet man mit δ_0 und δ_0' die Dichten bei zwei zusammengehörigen um gleichviel Grade von der kritischen Temperatur entfernt liegenden, im übrigen vollkommen willkürlichen Temperaturen, so läßt sich obige Gleichung auch schreiben

$\delta_0(1 + \alpha t + \beta t^2) = n \cdot \delta_0'(1 + \alpha' t + \beta' t^2) + b$,

wenn α und β, bezw. α' und β' die Konstanten der Wärmeausdehnung beider Flüssigkeiten sind. Hier kann für t jede Temperatur eingesetzt werden, für die α, β; α' und β' gelten. Als Ausgangspunkt der Temperaturzählung ist die Temperatur zu nehmen, für welche δ_0 bezw.

1) Zeitschr. f. phys. Chemie 51, 542, 1905.

δ_0'' gilt. δ_0 und δ_0' sind hier als Konstante anzusehen, die ersten Glieder beiderseits können also mit b vereinigt werden, so daß man eine Gleichung erhält von der Form

$$\delta_0 (\alpha t + \beta t^2) = n\delta_0' (\alpha' t + \beta' t^2) + B.$$

Wären die Wärmeausdehnungen linear, so wäre die Gleichung

$$\delta_0 . \alpha t = n . \delta_0' . \alpha' t$$

für je zwei Flüssigkeiten selbstverständlich.

Für Wärmeausdehnungen, die nur wenig vom linearen Verlauf abweichen, wird, auch ohne daß irgendwelcher innere Zusammenhang besteht, das Glied B in mäßig weiten Temperaturgrenzen nahezu die Abweichungen ausgleichen. Nun dehnen sich aber bekanntlich alle Flüssigkeiten in nicht allzuweit erstreckten Temperaturintervallen so aus, daß die Volumina, graphisch dargestellt, ähnlich aussehende Kurven liefern, in deren mathematischem Ausdruck das quadratische Glied verhältnismäßig klein ist. Das Vorzeichen dieses Gliedes ist in der weit überwiegenden Mehrzahl der Fälle das gleiche. Vergl. z. B. die Tabellen bei Landolt u. Bornstein, wo 101 Fällen mit positivem β 9 mit negativem gegenüberstehen. — Wollte man etwa noch das kubische Glied mitnehmen, so würde dadurch prinzipiell gar nichts und numerisch nichts Wesentliches geändert werden.

Aus diesen Überlegungen folgt: die in Frage stehende empirische Beziehung besagt weiter nichts, als daß die Kurven, welche die Volumina als Funktion der Temperatur zweier Flüssigkeiten darstellen, dann besonders ähnlich sind, wenn man Stücke miteinander vergleicht, die gleichweit von der kritischen Temperatur entfernt sind.

Darmstadt, Technische Hochschule.

(Eingegangen 4. Juni 1905.)

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Die Juliussche Sonnentheorie in ihrer neueren Entwicklung.

Von E. Przybyllok.

Auf Grund der Theorien von A. Schmidt und van Emden hat H. W. Julius eine neue Sonnentheorie gegeben, indem er zur Erklärung solarer Erscheinungen noch die anomale Dispersion des Lichtes heranzieht. Julius sieht die Sonne als eine unbegrenzte gasige Masse an, in der alle Elemente gleichmäßig verteilt sind und deren mittlere Dichte nach außen ständig abnimmt. Die scheinbar scharf begrenzte Scheibe der Sonne ist ein Produkt der Refraktion der Strahlen, die aus der sogenannten kritischen Sphäre stammen. Infolge der Ausstrahlung an den äußersten Schichten des Gasballes und der damit verbundenen Abkühlung entstehen radiale Konvektionsströme, die infolge der Rotation der Sonne jedoch verändert werden, da die Winkelgeschwindigkeit der absteigenden Gasmassen wächst, während die der aufsteigenden abnimmt. Hierdurch entstehen Flächen, in denen die Dichte sich sprungweise ändert und die im allgemeinen Rotationshyperboloiden ähneln. An der Grenze zweier solcher nebeneinander strömender Gasschichten müssen sich, wie Helmholtz gezeigt hat, durch Reibung allmählich Wellen und Wirbel bilden. In senkrechter Richtung zu den Unstetigkeitsflächen sind die Variationen der Dichte am größten und in den Wirbelachsen finden wir Minima der Dichte. Die Achsen der Wirbel werden im allgemeinen parallel zu den Meridianlinien der Diskontinuitätsflächen verlaufen. Im großen ganzen kann daher die Struktur der Sonne lamellenartig, in der Umgebung von Wirbeln röhrenförmig genannt werden. Vermutlich gibt uns bei totalen Sonnenfinsternissen das strahlenförmige Aussehen der Korona mit ihren Ausläufern einen Begriff von der Lage dieser Unstetigkeitsflächen, deren Erzeugende wir dann auf den Himmelshintergrund projiziert erblicken. In sehr großen Distanzen vom Sonnenmittelpunkte werden die Diskontinuitätsflächen sich mehr und mehr Ebenen nähern, die, auf die Sonnenscheibe projiziert, als mehr oder minder breite, zum Sonnenäquator parallele Streifen erscheinen würden. Je enger diese Streifen sind, desto intensiver wird die Dichte in ihnen variieren. Die Visionsrichtung eines Beobachters auf der Erde ist den äußersten Enden den Diskontinuitätsflächen sehr nahe parallel. Das Sonnenlicht wird ihn also erst erreichen, nachdem es in den durch veränderliche Dichte ausgezeichneten Lamellen einen großen Teil seiner Strahlen durch anomale Dispersion eingebüßt hat. Fällt der Visionsradius nun gar mit einer Wirbelachse zusammen, so wird der Lichtverlust noch größer sein, d. h. wir sehen auf der scheinbaren Sonnenscheibe einen dunklen Punkt. Ein Sonnenfleck muß hiernach also als Anhäufung mehrerer Wirbel betrachtet werden. In Versuchen, die sowohl von Julius, als auch von H. Ebert mit gutem Erfolge angestellt wurden, findet diese Erklärungsweise eine Stütze. Man wird also stets da Flecke beobachten, wo die Konstitution der Sonnengase derart ist, daß durch sie die Divergenz der nach der Erde entsandten Strahlen vermehrt wird. Da ebenso-

gut in anderen Regionen die Dichtigkeitsverhältnisse so beschaffen sein können, daß sie eine Verminderung der Divergenz bewirken, müssen wir auf der Sonne Stellen sehen, deren Intensität größer ist als die ihrer Umgebung; sie werden Fackeln genannt. Derselben Erscheinung, von den Flecken und Fackeln nur graduell unterschieden, begegnen wir in den Poren und Granulationen. Da nun das optische System, durch das die Sonnenstrahlen uns erreichen, seine relative Lage zur Erde ständig ändert, sind auch alle solaren Erscheinungen einer schnellen Veränderung unterworfen. In ähnlicher Weise können auch die Protuberanzen als Wirkung anomaler Dispersion aufgefaßt werden. Ein aus tiefen Schichten der Sonne entstammender Lichtstrahl möge auf seiner infolge der Refraktion gekrümmten Bahnkurve Metalldampf, der nicht zu leuchten braucht, z. B. *Na*-Dampf, ungleicher Dichte treffen. Obgleich er unter normalen Umständen die Erde nicht zu erreichen braucht, kann er durch den *Na*-Dampf anomal so abgelenkt werden, daß er, von der Erde aus gesehen, einem Punkte zu entstammen scheint, der in geringer Höhe über dem Sonnenrande liegt. Wir sehen also dort Licht, welches im Spektrum die hellen *D*-Linien zeigt, also nach der bisherigen Erklärungsweise chromosphärischen Ursprungs ist. Die hellen Linien des Protuberanzenspektrums müssen natürlich gegen die entsprechenden Absorptionslinien eine kleine Differenz der Wellenlänge aufweisen.

In seinen neueren Arbeiten führt Julius seine Theorie weiter aus und sucht namentlich die verschiedenen in der neuesten Zeit entdeckten Eigenschaften des Sonnenspektrums in einheitlicher Weise zu erklären. Jewell fand vor einigen Jahren [1]) im Sonnenspektrum Verschiebungen einzelner Linien, die von der Rotation der Sonne und der Erdbewegung nicht herrühren konnten, desgleichen traten für einige Linien Intensitätsschwankungen auf. Noch größere und auffälligere Unregelmäßigkeiten zeigten sich in dem von Hale photographierten sogenannten anomalen Sonnenspektrum [2]), dessen hauptsächlichste Eigenschaften die folgenden sind: Im allgemeinen waren Intensität und Breite der Chromosphärenlinien wesentlich vermindert, während andere Linien, die fast alle in der Chromosphäre fehlen, außerordentlich verstärkt erschienen; mehrere Linien zeigten überdies größere oder kleinere Verschiebungen. Hale suchte das anomale Spektrum, dessen Dauer nur sehr kurz war, durch eine gewaltige Störung in der umkehrenden Schicht zu erklären. Julius zieht zur Deutung die anomale Dispersion der Metalldämpfe heran. Im allgemeinen wird sich eine Fraunhofersche Linie, die irgendeiner Chromosphärenlinie entspricht, im Spektrum der Sonne von mehr oder minder dunklerem Grunde abheben, dessen Intensität sowohl von dem die anomale Dispersion erzeugenden Elemente, als auch von der Dichtigkeitsverteilung in den Stellen der Sonnenatmosphäre abhängt, die der Lichtstrahl durchschneidet. Demnach muß einer dunklen Fraunhoferschen Linie eine doppelte Deutung zugeschrieben werden, sie ist einmal die Folge einer reellen Absorption und andrerseits einer beim Durchgang durch die Sonnenatmosphäre erlittenen anomalen Dispersion des der Linie benachbarten Lichtes, das also stark abgelenkt ist und darum im Spektrum fehlt. Julius nimmt nun an, daß ein besonders langer Ausläufer der Korona gerade nach der Erde gerichtet war, als das anomale Spektrum photographiert wurde. Dieser Ausläufer wird, dank seiner röhrenförmigen Struktur, die Eigenschaft haben, die unter gewöhnlichen Umständen stark abgelenkten Strahlen nun wieder zu vereinigen, daher rührt die Abschwächung der dunklen Linien. Dagegen können schwach gebrochene Strahlen aus dem Inneren des Ausläufers austreten, sie werden infolgedessen die Erde nicht erreichen, ihre Intensität wird also im Spektrum vermindert sein, und die entsprechende Absorptionslinie erscheint verbreitert und infolgedessen verstärkt. Eine Dissymmetrie der Dispersionskurve und eine spezielle Dichtigkeitsverteilung in der Korona kann die Intensität des Spektrums zu beiden Seiten der eigentlichen Absorptionslinie in ungleicher Weise beeinflussen, d. h. scheinbar eine Verschiebung der Linie hervorrufen. Ähnliche Erscheinungen finden sich auch im normalen Sonnenspektrum. Jewell [1]) fand auf Photographien des Sonnenspektrums, daß die *Ca*-Linien *H* und *K* sich als ein System von helleren und dunkleren verwaschenen Linien darstellten, die symmetrisch zu beiden Seiten der zentralen Absorptionslinie lagen. Ähnliche Intensitätsmaxima und -minima konnten, wenn auch in geringerem Grade, im anomalen Spektrum ebenfalls beobachtet werden. In beiden Fällen liegt der Erscheinung dieselbe Ursache zugrunde. Beim Durchgange eines Lichtbündels durch die röhrenförmige gedachte Struktur eines langen koronalen Ausläufers wird für Licht, dessen Wellenlänge mehr und mehr von der Wellenlänge der eigentlichen Absorptionslinie differiert, die Divergenz der die Erde erreichenden Strahlen abwechselnd vergrößert und verkleinert. Die Intensität, mit der das Lichtbündel auf der Erde anlangt, wird aber durch den Grad der Divergenz bestimmt, den

1) Astrophys. Journal **3**, 89; **9**, 234.
2) Astrophys. Journal **16**, 1211.

1) Astrophys. Journal **3**, 108 und **8**, 51.

es besitzt, wenn es die äußersten Schichten der Korona verläßt. Daher müssen sich auf beiden Seiten der zentralen Absorptionslinie Intensitätsmaxima und -minima, hellere und dunklere Stellen zeigen. Entfernt man sich von der Absorptionslinie, so entsprechen, für den gewöhnlichen Typus der Dispersionskurve, gleichen Differenzen des Brechungskoeffizienten wachsende Differenzen der Wellenlängen. Die Entfernung der Linien von der zentralen Absorptionslinie muß also mit der Distanz vor dieser wachsen, was auch den Beobachtungen entspricht.

Um seiner Theorie eine weitere Stütze zu geben, untersuchte Julius experimentell den Einfluß der anomalen Dispersion eines inhomogenen absorbierenden Gases auf das kontinuierliche Spektrum eines glühenden Körpers. Die Krümmung eines Lichtstrahls von bestimmter Wellenlänge in einem nicht homogenen Medium hängt nicht nur von der Dichtigkeitsverteilung in demselben ab, sondern auch von dem Winkel, den der Lichtstrahl mit den Flächen gleicher Dichte bildet und zwar wird unter diesen Umständen die Dispersion ihren größten Wert erreichen, wenn der Winkel sehr klein oder gleich Null ist. Den letzteren Fall wählte Julius zu seinen Versuchen. Das absorbierende Medium bildete eine sehr lange und sehr schmale prismatische *Na*-Flamme, längs deren längster Achse ein schmales, aus einer Bogenlampe stammendes Lichtbündel nach dem Spektroskop gesandt wurde. Koinzidierte die Achse der Flamme mit der Richtung des Lichtbündels, so erhielt er die normalen *D*-Linien, die um so verbreiteter erschienen, je mehr Natrium in die Flamme eingeführt wurde. Wurde das Lichtbündel gezwungen, durch Teile der Flamme einen Weg zu nehmen, in denen starke Dichtigkeitsänderungen stattfanden, so erschienen auf der einen oder anderen Seite der Linien Schatten, die Julius Dispersionsbänder nennt. Das ursprünglich parallele Lichtbündel ist bei dem Durchgang durch das inhomogene Medium der Flamme nicht parallel geblieben. Die Strahlen krümmen sich und am meisten werden diejenigen abgelenkt, für die der Brechungskoeffizient des Mediums am meisten von der Einheit abweicht, das sind grade die der Absorptionslinie benachbarten Strahlen. Der Schwerpunkt des dunklen Dispersionsbandes schien stets nach der einen oder anderen Seite hin verschoben zu sein, eine Erscheinung, die der Dispersion zuzuschreiben und natürlich nicht durch das Dopplersche Prinzip zu erklären ist. Die Helligkeitsverteilung in der Dispersionsbande war nicht gleichmäßig, ein Maximum der Dunkelheit lag in gewisser Entfernung auf beiden Seiten der zentralen Absorptionslinie, während sich im Zwischenraum eine hellere Stelle zeigte, etwa als ob dort über ein breites Absorptionsband ein helles Emissionsband überlagert wäre, deren Mitte wiederum durch eine feine Absorptionslinie gekennzeichnet war. Das Emissionsspektrum der *Na*-Flamme zeigte, daß es sich um Emissionslinien nicht handeln könnte. Die helleren Partien rühren vielmehr von Lichtstrahlen her, die von den Kohlenspitzen der Bogenlampen stammen und die unter Umständen doppelt und mehrfach gekrümmt sein können und auf diese Weise leichter zum Spektroskop gelangen, als weniger stark abgelenkte Strahlen. Auf diese Eigentümlichkeit der Dispersionsbänder lassen sich auf sehr bequeme Weise die Eigenschaften der spektroheliographischen Sonnenbilder erklären. Hale und Ellermann[1]) hatten monochromatische Photographien der Sonne im Lichte der *H*- und *K*-Linien gemacht, auf denen sich hellere und dunklere Wolken, hauptsächlich in den Fleckenzonen, zeigten. Zur Entstehung dieser Erscheinung nahmen sie an, daß Calciumdampf in verschiedenen Höhenschichten der Sonnenatmosphäre die einzelnen Teile der *H*- und *K*-Linie und damit auch die Calcium-Flockeln erzeuge. Eine konsequente Durchführung dieser Theorie dürfte mit Schwierigkeiten verknüpft sein, während die Theorie von Julius eine einfachere Deutung zuläßt. Der helle Grund, der sich bei den oben erwähnten Versuchen zu beiden Seiten der eigentlichen Absorptionslinie zeigte, rührt von denselben Strahlen her, welche die Calciumwolken erzeugen. Die Helligkeit der Flockeln muß also um so mehr wachsen, je kleiner die Differenz der Wellenlänge des Lichts, in der die Aufnahme erfolgt ist und der der zentralen Absorptionslinie ist, ein Schluß, der durch die Beobachtungen bestätigt wird. Die mit dem Lichte der *Hβ*- oder *Hγ*-Strahlen photographierten Wasserstoffwolken waren stets ärmer an Details und weniger kontrastreich, als die Calciumwolken und im Gegensatz zu diesen fast stets dunkel. Die Ursache dieser auffälligen Erscheinung findet Julius in der Tatsache, daß für die den engeren Dispersionsbändern des Wasserstoffes angehörenden Strahlen die Krümmung der Bahnkurve in den Gasen der Sonne bedeutend geringer ist, als für Strahlen, die aus den breiten Dispersionsbändern des Calciums stammen. Nur in der Nähe besonders heftiger Wirbel werden sich ausnahmsweise so starke Dichtigkeitsänderungen finden, daß die zum Dispersionsbande einer Wasserstofflinie gehörenden Strahlen sich mehrfach krümmen und so wieder zur Konvergenz gezwungen werden. Im allgemeinen bleiben sie divergent, erzeugen also verminderte Intensität an den betreffenden Stellen.

1) Publications of the Yerkes Observatory 3, I und Astrophys. Journal **19**, 41.

Dispersionsbänder müssen sich, wie im Sonnenspektrum, auch im Spektrum von Fixsternen finden, wenn man diesen eine ähnliche Struktur zugesteht, wie sie Julius der Sonne zuschreibt und es bieten sich auf Grund seiner Anschauungen neue Gesichtspunkte für die Deutung von Eigentümlichkeiten mancher Fixsternspektra, speziell des Spektrums von δ-Orionis und der Nova Persei. Bei Untersuchung des Spektrums des ersteren Sternes fand Hartmann, daß die verwaschenen Linien des Wasserstoffs und Heliums periodische Verschiebungen zeigten, aus denen nach dem Dopplerschen Prinzip gefolgert werden konnte, daß δ-Orionis ein spektroskopischer Doppelstern ist. Da aber eine zwar schwache, aber scharf definierte Calciumlinie nicht an den periodischen Verschiebungen der anderen Linien teilnahm, sondern eine konstante Verschiebung zeigte, sah sich Hartmann zu der Annahme gezwungen, daß zwischen dem Stern und der Erde sich eine Wolke von Calciumdampf befände, die sich mit einer gewissen Geschwindigkeit entfernt. Julius hingegen sieht die äußersten Schichten der Sternatmosphäre als hauptsächlich aus Wasserstoff und Heliumdampf und weniger aus Calciumdampf bestehend an. Die verwaschenen Wasserstoff- und Heliumlinien sind dann als Dispersionsbänder zu betrachten, deren Ursprung in dem Durchgang des Sternlichtes durch sein eignes unregelmäßiges Strahlungsfeld zu suchen sind. Wird infolge der Rotation des Sternes der Visionsradius von Gasmassen mit ungleichmäßiger Dichtigkeitsverteilung geschnitten, so entstehen, wie es die Versuche zeigten, Verschiebungen der Schwerpunkte der Dispersionsbänder. Die Dispersionsbänder der Calciumlinien sind aber infolge des geringen Calciumgehalts der äußersten Schichten der Sternatmosphäre zu eng, als daß eine Verschiebung wahrgenommen werden könnte. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Nova Persei, auf deren Spektrum schon H. Ebert das Prinzip der anomalen Dispersion angewendet hat.

In konsequenter Weise dehnt Julius seine Theorie auch auf jene terrestrischen Phänomene aus, die einen periodischen Charakter tragen und einen merkwürdigen Parallelismus mit solaren Vorgängen zeigen. Die Ursache dieses Parallelismus sieht er in der relativen Lage der Erde zur Sonne. Mit Ekholm und Arrhenius nimmt er die Revolutionszeit der Sonne zu 25929 Tagen an und untersucht nun die Bahn des Projektionspunktes der Erde auf die Sonne auf der Oberfläche derselben. Infolge der Neigung des Sonnenäquators gegen die Ekliptik beschreibt dieser Punkt eine schraubenförmige Kurve. Da das siderische Jahr 365,256 Tage hat und somit um 2,25 Tage länger ist, als 14 Revolutionen der Sonne, so ist nach etwas mehr als 11 Jahren der Projektionspunkt der Erde wieder in seine ursprüngliche Bahn zurückgekehrt, d. h. die relative Lage der Erde zur Sonne ist nahezu dieselbe; man kann also eine elfjährige Periode solarer Erscheinungen erwarten. Die Fleckenhäufigkeit, die bekanntlich eine Periode dieser Dauer hat, läßt sich hiernach darauf zurückführen, daß der Visionsradius eines Beobachters auf der Erde in fleckenreichen Jahren öfter mit Wirbelachsen in der Sonnenatmosphäre koinzidiert, als in fleckenarmen Jahren. Da durch anomale Dispersion der Lichtstrahlen in der röhrenförmig gedachten Struktur der Korona die Divergenz der Strahlen im allgemeinen vermehrt und daher ihre Intensität vermindert wird, muß die Sonnenstrahlung in fleckenreichen Jahren geringer sein als in fleckenarmen. Eine Bestätigung findet dieser Schluß durch Untersuchungen von Nordmann, welche erweisen, daß ein Minimum der mittleren Temperaturen auf der Erdoberfläche mit einem Fleckenmaximum zusammenfallen und umgekehrt. Auf die gleiche Ursache ist die periodische Variabilität zurückzuführen, die Lockyer im Fleckenspektrum konstatieren konnte. Um das Hand in Hand gehen terrestrischer Erscheinungen mit Vorgängen auf der Sonnenoberfläche zu erklären, braucht Julius also eine variable „Aktivität" der Sonne nicht anzunehmen. Es genügt, hierzu den Durchgang der Erde durch das inhomogene Strahlungsfeld der Sonne zu betrachten, das durch die Diskontinuitätsflächen ihrer Atmosphäre bedingt ist. In großen Entfernungen vom Sonnenzentrum sind diese Flächen als Ebenen anzusehen, die, geometrisch verlängert, die Erde in einem System von Kreisen schneiden, deren Lage von der Stellung der Erde in ihrer Bahn abhängt. Um die Äquinoktien nämlich werden die erleuchteten Teile der Erde während ihrer Rotation von den Diskontinuitätsflächen stets in demselben Sinne und unter relativ großen Winkeln geschnitten, während der Solstizien hingegen werden sie zwar unter relativ kleinen Winkeln, aber morgens und abends in entgegengesetztem Sinne geschnitten. Hieraus ergibt sich dann eine halbjährliche und eine jährliche Periode, dergestalt, daß ein Maximum Ende März und Ende September und ein Minimum Anfang Juli und Anfang Januar eintreten, wobei das Winterminimum einen schärferen Charakter trägt als das Sommerminimum. Eine dergestalt charakterisierte Periode zeigt in der Tat das Auftreten der Nordlichter, deren Entstehung Julius in der Entladung elektrischer Spannungen sieht, die in der ionisierenden Wirkung der Sonnenstrahlung auf die höchsten Regionen der Erdatmosphäre ihren Ursprung haben. Ebensolche Abhängigkeit von der

Jahreszeit ergibt sich auch aus dem täglichen Gange des Erdmagnetismus und der Häufigkeit und dem Charakter magnetischer Störungen. Die Schwankungen des Luftdruckes sind zu sehr lokalen Einflüssen ausgesetzt und daher wird sich eine Periodizität weniger geltend machen können, doch zeigt sich, daß die atmosphärische Zirkulation besonders scharf ausgesprochen ist, wenn die Häufigkeit der Protuberanzen ein Maximum erreicht, somit auch als Folge des unregelmäßigen Strahlungsfeldes der Sonne anzusehen ist. Wird durch diese Zirkulation der Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre vermehrt, so ist damit eine Abnahme des mittleren Luftdrucks verbunden. Noch viele andere atmosphärische Erscheinungen gibt es, deren Periode einen Zusammenhang der oben ausgesprochenen Art vermuten lassen, doch hängen im allgemeinen meteorologische Vorgänge meist von zahlreichen, oft lokalen Faktoren ab, so daß sie einer Erklärung unendliche Schwierigkeiten entgegensetzen.

(Eingegangen 3. September 1905.)

BESPRECHUNGEN.

H. W. Bakhuis Roozeboom, Die heterogenen Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre. 2. Heft: Systeme aus zwei Komponenten. 1. Teil. gr. 8. XII u. 467 S. mit 149 Abbildungen u. 2 Tafeln. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 1904. M. 12,50.

Dieses zweite Heft gibt den ersten Teil der heterogenen Gleichgewichte in binären Systemen. Dasselbe enthält eine vollständige Übersicht der Gleichgewichte zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Phasen solcher binärer Gemische, worin nur die Komponenten als feste Phasen eventuell in mehreren Modifikationen auftreten. Die Verbindungen und Mischkristalle sollen im nächsten Heft besprochen werden. Bei der Darstellung der Gleichgewichte wird von der graphischen Darstellung ausgiebig Gebrauch gemacht und zwar benutzt der Verf. die von ihm zuerst entworfene Raumfigur, deren Koordinaten Temperatur, Druck und Konzentration des Gemisches sind. Auf diese Weise ist es möglich, alle denkbaren Gleichgewichte mit einem Blicke zu übersehen. Einzelheiten aus dem reichen Inhalt des Buches anzugeben, ist unmöglich; es muß deswegen die Angabe genügen, daß es eine sorgfältige und soweit der Referent sich davon hat überzeugen können, lückenlose Zusammenstellung aller bisher untersuchten Fälle des chemischen Gleichgewichts der Systeme aus zwei Komponenten enthält. Wie im ersten Heft ist das Hauptgewicht auf die streng systematische Einteilung des umfangreichen Gebiets und auf eine scharfe Kennzeichnung der verschiedenen Kategorien gelegt. Das Buch setzt jeden Chemiker, der eine allgemeine Kenntnis der Experimentalchemie und Physik erworben hat, in den Stand, sich derart mit den Gleichgewichtserscheinungen vertraut zu machen, daß er die betreffenden Probleme, wenn er ihnen bei seinen Untersuchungen begegnet, erkennen und den Weg zu ihrer Lösung finden lernt. Da das ganze Gebiet von fundamentaler Bedeutung für die Chemie ist, so dürfte das Buch in keiner Bibliothek eines Chemikers fehlen.

G. C. Schmidt.

(Eingegangen 10. Mai 1905.)

H. Kleinpeter, Die Erkenntnistheorie der Naturforschung der Gegenwart. gr. 8. XII u. 156 S. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1905. Gebunden M. 3,80.

Die vorliegende Arbeit versucht in gedrängter und übersichtlicher, mehr anschaulicher als kritischer Darstellung die erkenntnistheoretischen Grundlagen der modernen Naturforschung zu beleuchten, wobei der Verfasser sich mit den Anschauungen, wie sie zurzeit von Mach, Stallo, Ostwald u. a. vertreten werden, abzufinden weiß.

Die Philosophie ist dem Verfasser eine „Physik im weiteren Sinne", insofern die Philosophie als die Kunst aufzufassen ist, eine umfassende Weltanschauung zu bilden. — Nachdem das Erkenntnisproblem als solches und sein Zweck genügend formuliert, doch auch den Forderungen der Psychologie dabei Rechnung getragen worden ist, bringt der Verfasser das Verfahren der Erkenntnistheorie mit dem der Physik in Einklang insofern, als beiden Wissenschaften in Tatsachen ihren Ausgangspunkt nehmen und hieraus die Definition der Begriffe hervorwächst. Dann beschäftigt er sich spezieller mit den Prinzipien der Erkenntnis in den einzelnen Wissenschaften wie in der Logik, der Geometrie, der Physik, geht auf das Ziel der letzteren und auf den Wert der Hypothese näher ein, die er (übrigens im Gegensatz zu Ostwald) für unabweisbar ansieht, und zeigt, wie diese an der Entstehung eines natürlichen Weltbildes beteiligt ist. Dieses Weltbild, als Ziel der Physik, betrachtet er als erste Annäherung einer wissenschaftlich haltbaren Weltan-

schauung. Wer sich schnell mit den Ideenkreisen der augenblicklichen naturphilosophischen Bewegung vertraut machen will, wird gut tun, das Kleinpetersche Buch zur Hand zu nehmen. Behrendsen.

(Eingegangen 8. Juni 1905.)

Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft. (Sonderheft der Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht.) Herausgegeben von F. Poske, A. Höfler und E. Grimsehl. I. Band. Lex. 8. Berlin, Jul. Springer.

Heft 3: **Karl Th. Fischer, Der naturwissenschaftliche Unterricht insbesondere in Physik und Chemie bei uns und im Auslande.** 72 S. 1905. M. 2,—.

Heft 4: **Hermann Hahn, Wie sind die physikalischen Schülerübungen praktisch zu gestalten?** 67 S. mit Abbildungen. 1903. M. 2,—.

Der naturwissenschaftliche Unterricht im weitesten Sinne befindet sich zurzeit in einem Stadium der Entwicklung, es macht sich in den Reihen der Biologen und Chemiker einerseits, der Mathematiker und Physiker andererseits das lebhafte Streben geltend, den auf Grund der überwiegend sprachlichen Ausbildung der Schüler zurückgedrängten exakten und beschreibenden Naturwissenschaften zu ihrem Rechte zu verhelfen. Als Materialien zu der Durchführung dieser Entwicklungsbestrebungen werden die beiden Hefte von K. Th. Fischer und H. Hahn, deren umfassender Inhalt sich in Kürze nicht gut anders als durch Nennung des Titels wiedergeben läßt, von besonderem Werte sein und seien dieselben daher allen, welche sich für die Unterrichtsbestrebungen interessieren, aufs wärmste empfohlen.

E. Bose.

(Eingegangen 14. Juni 1905.)

K. Walther u. M. Röttinger, Technische Wärmelehre (Thermodynamik). (Sammlung Göschen Nr. 242.) kl. 8. 144 S. mit 54 Figuren. Leipzig, G. J. Göschensche Verlagshandlung. 1905. Gebunden M. —,80.

Das Buch enthält die Hauptsätze der technischen Wärmelehre, erläutert durch Zahlenbeispiele. Es lehnt sich an Zeuners klassische Thermodynamik an und erreicht so gut seinen Zweck, in knapper Form einen Einblick in die Thermodynamik zu geben. Ein Anhang enthält die Zeunerschen Tabellen für Wasserdampf. H. Hort.

(Eingegangen 17. Juni 1905.)

A. Gramberg, Technische Messungen, insbesondere bei Maschinenuntersuchungen. Zum Gebrauch in Maschinenlaboratorien und für die Praxis. gr. 8. XI u. 222 S. mit 181 Textfiguren. Berlin, Jul. Springer. 1905. Gebunden M. 6.—.

Auf dem Gebiet der technischen Messungen fehlte bisher vollständig ein Buch, das für die Meßpraxis zugeschnitten, erschöpfend die Elemente und Instrumente des technischen Messens darbot. Namentlich über die Meßinstrumente mußte man sich bisher aus den verschiedensten Büchern, z. T. nur aus Preislisten und Katalogen, Kenntnis verschaffen. Diesem Mangel hilft das vorliegende Buch gut ab. Es umfaßt das Meßwesen der allgemeinen Technik, die Untersuchung fertiger Maschinen, schließt aber die Elektrotechnik und die speziellen Festigkeitsuntersuchungen aus. Besonders wertvoll ist das Bestreben des Verfassers, die Kritik des Experimentierenden hinsichtlich der Genauigkeit seiner Meßinstrumente und -methoden wachzurufen. — Im Anhang befindet sich ein nach dem Inhalt des Buches geordnetes reichhaltiges Literatur- und Bezugsquellenverzeichnis.

H. Hort.

(Eingegangen 17. Juni 1905.)

Hermann Wilda, Die Dampfturbine als Schiffsmaschine. (Sonderabdruck aus: Wilda, Die Schiffsmaschinen, ihre Berechnung und Konstruktion.) gr. 8. 23 S. mit 19 Abbildungen im Text. Hannover, Gebrüder Jänecke. 1905. M. 1,—

Das Heft bringt einleitend Wirkungsweise und Berechnung des Energieumsatzes der Turbinen. Dann sind konstruktive Einzelheiten angegeben für die Parsons-Überdruck- und die Rateaudruckturbine, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Verwendung als Schiffsmaschine. Am Ende sind Versuchsergebnisse mit 3 Turbinenschiffen angegeben. H. Hort.

(Eingegangen 17. Juni 1905.)

August Hagenbach u. Heinrich Konen, Atlas der Emissionsspektren der meisten Elemente nach photographischen Aufnahmen mit erläuterndem Text. Lex. 8. VII u. 72 S. mit 28 Tafeln. Jena, Gustav Fischer. 1905. M. 24,—

Der Atlas darf als eine wertvolle Bereicherung der spektroskopischen Literatur begrüßt werden. Einerseits hilft er einem direkt vorliegenden Bedürfnis ab, da bis jetzt keine nach einheitlichen Gesichtspunkten durchgeführte Bearbeitung des ganzen photographierbaren Spektrums einer möglichst großen Anzahl von Elementen existiert, andererseits aber gewährt er

eine Einsicht in die Spektren, die durch die bloße Angabe von Wellenlängen und eine Beschreibung niemals erreicht werden kann. Namentlich das so mannigfach verschiedene Aussehen der Linien kann durch keine Intensitätsschätzung usf. eindeutig zum Ausdruck gebracht werden.

Auf 28 Tafeln sind die Spektren fast sämtlicher Elemente, die mittels eines kleinen Rowlandschen Gitters photographiert wurden, heliographisch nachgebildet. Es fehlen nur die Spektren von *Eu, Ga, Ge, Kr, Ne, Ra, Sc, Ta, Tm, X*, die die Verfasser in nicht hinreichender Reinheit und genügender Menge erhalten konnten. Den einzelnen Spektren beigedruckte Skalen gestatten die Wellenlängen bis auf 0,8 A.E. direkt abzulesen.

Angesichts der neueren Untersuchungen über die Veränderlichkeit der Spektren, waren die Verfasser bemüht, die Spektren jedes Elements unter möglichst verschiedenen Bedingungen im Bogen, Funken mit und ohne Selbstinduktion, in der Flamme, die für den Chemiker eine so wichtige Rolle spielt usf., zu erzeugen.

Eine Anzahl Spektren sind ganz oder teilweise zum ersten Male reproduziert (z. B.: *B, As*, die seltenen Erden, Platinelemente, *P, J, Se* u. a.).

In dem den Tafeln beigegebenen Texte geben die Verfasser die Art der Herstellung der Spektren, spezielle Hinweise in großer Reichhaltigkeit, die auftretenden Verunreinigungen usf. Besondere Erwähnung finden stets die Linien, zwischen denen Gesetzmäßigkeiten bekannt sind.

Von den vielen Vorzügen sei noch hervorgehoben, daß der Atlas wegen der Einheitlichkeit seiner Durchführung über die Art eines Spektrums und innerhalb desselben eine sehr bequeme Orientierung gestattet, was namentlich dem analysierenden Chemiker zu statten kommen dürfte. Eine Anzahl Register erleichtert den Gebrauch. C. Fritsch.

(Eingegangen 20. Juni 1905.)

E. Gérard, Leçons sur l'électricité. Tome second: Transformateurs, canalisation et distribution de l'énergie électrique, applications de l'électricité à la télégraphie, à la téléphonie, à l'éclairage, à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à la metallurgie et à la chimie industrielle. Septième Edition. gr. 8. VIII u. 432 S. m. Figuren im Text. Paris. Gauthier-Villars. 1905. 12 Frs.

Der hier vorliegende zweite Teil des Werkes behandelt ausschließlich technische Gebiete, ist aber wohl geeignet, auch das Interesse weiterer Kreise zu erregen, zumal zahlreiche gute Figuren — der Band enthält deren 432 — zur Erleichterung des Verständnisses beitragen. Was indessen einer größeren Verbreitung des Buches bei uns entgegenstehen dürfte, ist der Umstand, daß es an guten deutschen Spezialwerken über diese Materie nicht mangelt. Daß hiermit gegen das Gérardsche Buch kein Tadel ausgesprochen werden soll, bedarf nicht der Erwähnung.

Max Iklé.

(Eingegangen 8. August 1905.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Es habilitierten sich: Professor Dr. Adalbert Kolb für organische Agrikulturchemie an der Technischen Hochschule in Darmstadt, Dr. Johannes Schroeder, Assistent von Professor Naumann am chemischen Laboratorium der Universität Gießen für Nahrungsmittelchemie ebenda.

Der a. o. Professor Dr. phil. Karl Koehler ist zum etatsmäßigen Professor für Mathematik an der Universität Heidelberg, der außerordentliche Professor der theoretischen Physik an der Wiener Universität Dr. Gustav Jäger zum ordentlichen Professor für allgemeine und technische Physik an der Technischen Hochschule in Wien, der bisherige Privatdozent Professor Dr. Hermann Traube zu Berlin zum außerordentlichen Professor in der philosophischen Fakultät der Universität zu Greifswald, der Geh. Regierungsrat Prof. Dr. Emil Fischer, Direktor des ersten chemischen Instituts an der Universität Berlin, zum Ehrenmitglied des Vereins Deutscher Chemiker ernannt worden.

Professor Dr. C. Dieterici in Hannover lehnte die Berufung an die Universität Rostock ab.

Dem etatsmäßigen Professor für Elektrotechnik an der Technischen Hochschule zu Aachen, Dr. phil. Otto Grotrian, ist der Charakter als „Geheimer Regierungsrat" verliehen worden.

Gesuche.

Promov. Physiker

mit 10jähriger Laboratoriumspraxis, auf allen Gebieten der Physik, vielfach auf elektrischem Gebiete wissenschaftlich tätig gewesen, auch literarisch gewandt, sucht per 1. Januar 1906 oder später entspr. Stellung. Derselbe ist auch gründlich durchgebildeter **Chemiker** (auch Elektrochemie und Photochemie), beherrscht die franz., engl. und italienische Sprache vollständig, und hat etwas kaufmännische Vorbildung. Gefl. Offerten unter **NN 1896** an die Expedition.

Dr. phil., Elektrotechniker

mit guten chemischen Kenntnissen **sucht** Stellung in Laboratorium oder Meßinstrumentenfabrik. Offerten unter **No. 202** an die Exped. d. Zeitschr., Leipzig, Königsstr. 2.

Für die Redaktion verantwortlich Privatdozent Dr. Emil Bose in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.